

การศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าขิงสดและแคปซูลขิง ในประเทศไทย

ลักษณา เจริญใจ*, วิภาวี เสาศิรินทร์, ปรีชา บุญจูง

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงในประเทศไทย

ลักษณา เจริญใจ*, วิภาวี เสาศิรินทร์, ปรีชา บุญจูง

ว. เกษตรศาสตร์อีสาน 2556; 9(1) : 52-63

Received : 6 December 2012

Accepted : 31 January 2013

บทนำ: น้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าขิงสด และแคปซูลขิงมีสารประกอบหลายชนิด สารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการช่วยขับลม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนประกอบของน้ำมันระเหยง่ายสกัดจากเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงจากแหล่งจำหน่ายในประเทศไทย **วัสดุและวิธีการทดลอง:** ตัวอย่างเหง้าขิงสด 5 ตัวอย่าง และแคปซูลขิง 11 ตัวอย่างถูกนำมาสกัดน้ำมันระเหยง่ายด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำแล้วเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันระเหยง่ายโดยใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีและก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี **ผลการศึกษา:** ตัวอย่างขิงมีปริมาณน้ำมันระเหยง่าย ร้อยละ 0.69-2.45 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ผลจากเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีและแมสสเปกโตรเมตรีที่ใช้พบสารประกอบ 20 ชนิด ในน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงสดและ 5 ชนิดในน้ำมันระเหยง่ายของแคปซูลขิง โดย zingiberene เป็นส่วนประกอบที่พบมากที่สุด ในน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงสดและแคปซูลขิง (ร้อยละของพื้นที่ใต้พีค zingiberene สัมพัทธ์ 11.9 - 39.5) มวลสารจากแมสสเปกโตรเมตรีและค่า retention index ที่คำนวณเทียบกับฐานข้อมูลของ NIST ให้ผลสอดคล้องกันในการตรวจสอบชนิดของสารประกอบที่พบในน้ำมันระเหยง่ายของขิง **สรุปผล:** ค่า retention index สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายในแคปซูลขิงโดยควรเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงสดจากแหล่งวัตถุดิบเดียวกัน

คำสำคัญ : เหง้าขิง แคปซูลขิง น้ำมันระเหยง่าย retention index ก๊าซโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*ติดต่อผู้พิมพ์: Tel: 084-5894192 Fax: 02-5395353 , Email: laksana39@hotmail.com

Abstract

The Study of Chemical Compositions of Volatile Oil from Fresh Ginger Rhizomes and Ginger Capsules in Thailand

Laksana Charoenchai*, Wipawee Saohin, Preecha Boonchoong

IJPS, 2013; 9(1) : 52-63

Introduction: Volatile oil from ginger rhizomes and ginger capsules (*Zingiber officinale* Roscoe) consists of many chemical components that have anti-flatulent properties. This research examined the chemical components of volatile oil extracted from 5 sources of fresh ginger rhizomes and 11 sources of ginger capsules in Thailand. **Materials and Methods:** The volatile oils of fresh ginger rhizomes and ginger capsules were extracted by means of steam distillation. Then, the chemical compositions of volatile oil were studied and compared using gas chromatography and gas chromatography mass spectrometry. **Results:** The volatile oil contents of ginger rhizomes and capsules were in the range of 0.69 to 2.45 percent volume per weight. Gas chromatography identified 20 compounds in the volatile oil of fresh ginger rhizomes and 5 compounds in volatile oil of ginger capsules. The main component found in volatile oil of fresh ginger rhizomes and ginger capsules was zingiberene (11.9-39.5% of the area under the peaks). Mass spectrum technique and retention index based on the comparison with NIST MS library database provided consistent results in identifying compounds found in the ginger volatile oil. **Conclusion:** Retention index could be used to examine the compositions of volatile oil in the ginger capsules comparing to ginger rhizomes from the same sources.

Keywords : ginger rhizome, ginger capsule, volatile oil, retention index, gas chromatography mass spectrometry

Faculty of Pharmaceutical sciences, Ubon Ratchathani University, Warinchamrab District, Ubon Ratchathani 34190

Corresponding author: Tel: 084-5894192 Fax: 02-5395353 , Email: laksana39@hotmail.com

บทนำ

ขิง มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Zingiber officinale* Rosc. เป็นพืชวงศ์ Zingiberaceae เหง้าขิงใช้เป็นสมุนไพรในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด ส่วนประกอบสำคัญที่พบในเหง้าขิงคือ น้ำมันระเหยง่าย (volatile oil) และโอรีโอเรซิน (oleoresin) ในน้ำมันระเหยง่ายของขิงประกอบด้วยสารประกอบกลุ่ม terpenes และ monoterpenes ได้แก่ beta-phellandrene, (+)-camphene, cineole, geraniol, geranial (oxygenated monoterpenes),

curcumene, citral, neral, terpineol, borneol และกลุ่ม sesquiterpenes ได้แก่ alpha-zingiberene, beta-zingiberene, ar-curcumene, beta-sesquiphellandrene, alpha-farnesene, beta-bisabolene (sesquiterpene hydrocarbons) และ zingiberol สารที่ทำให้เกิดกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของขิงเป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ gingerols, shogaols, paradols และ zingerone (Vlastimil, 1953) ซึ่ง gingerols และ shogaols เป็นสารให้กลิ่นฉุนที่พบในโอรีโอเรซินด้วย gingerols และ

shogaols ที่มีมากที่สุด คือ 6-gingerol และ 6-shogaol gingerols เป็นสารที่สลายตัวง่ายได้เป็น shogaols ซึ่งมีกลิ่นฉุนมากกว่าและเมตาบอลิซึมของสารเหล่านี้ทำให้ขิงมีกลิ่นเหม็น (Bhattarai, 2001) การศึกษาการเก็บเหง้าขิงที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะความชื้นสูง เป็นระยะเวลา 5 เดือน มีผลทำให้สารกลุ่ม monoterpenes มีปริมาณลดลงแต่สารกลุ่ม sesquiterpenes มีปริมาณเพิ่มขึ้น (Sakamura, 1987)

การศึกษาทางเภสัชวิทยาของขิงในหลอดทดลอง และในสัตว์ทดลอง พบว่าขิงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ฤทธิ์ต้านการเจริญของเซลล์ (anti-tumor) ฤทธิ์ลดอาการอักเสบ (antiinflammatory) ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) และเชื้อไวรัส (antiviral) (Chrubasik, 2005) ฤทธิ์เหล่านี้เกิดจากสารกลุ่ม gingerols และ paradols ที่พบในเหง้าขิงและน้ำมันระเหยง่าย รวมถึงในสารสกัดของขิงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เมทานอล เอทานอล อะซิโตน เอทิลอะซิเตท การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าสารสกัดเอทานอลของขิงช่วยลดอาการบวมที่อุ้งเท้าหนู ลดระดับน้ำตาลในเลือดของกระต่าย และยับยั้งการหลั่งพรอสตาแกลนดินซึ่งขึ้นกับขนาดที่ได้รับ (Mascolo, 1989) ฤทธิ์ในการขับลมของขิงเนื่องจากน้ำมันระเหยง่ายซึ่งมีสารประกอบหลายชนิด ไม่พบรายงานว่าสารประกอบตัวหนึ่งตัวใดที่ออกฤทธิ์เป็นหลัก การศึกษาทางคลินิกในมนุษย์พบว่า ขิงสามารถบรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียนจากการเมาเรือ อาการอาเจียนหลังการผ่าตัด ส่วนการบรรเทาอาการอาเจียนเนื่องจากการแพ้ท้องในหญิงตั้งครรภ์ยังไม่มีรายงานการเกิดพิษแต่ควรใช้ด้วยความระมัดระวังโดยพิจารณาปริมาณการใช้และอายุครรภ์ที่เหมาะสม ฤทธิ์ในการระงับและบรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียนเกิดจากสารในน้ำมันระเหยง่าย นอกจากนี้มีการนำขิงมาใช้ประโยชน์ในการบรรเทาอาการไข้ อาการปวดข้อ อาการปวดไมเกรน และอาการความดันโลหิตสูง (Sripanidkulchai, 2008)

เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่าย ข้อมูล

ที่ได้ คือค่า retention time ซึ่งอาจพบองค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายหลายชนิดที่มีพีคซ้อนทับกัน การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแบบสเปกโตรเมตรีจะเป็นประโยชน์ในกรณีที่สารหลายชนิดแยกออกมาพร้อมกัน โดยพิจารณามวลสารและรูปแบบของ fragment ions แต่มีสารหลายชนิดเช่น กลุ่มโมโนเทอร์ปีนเป็นสารกลุ่มใหญ่มีสารที่เป็นไอโซเมอร์ เทคนิคสเปกโตรเมตรี อาจจะไม่สามารถให้ข้อมูลเพียงพอที่จะแยกสารกลุ่มนี้แต่ละชนิดออกจากกันได้ เนื่องจากสเปกตรัมของสารต่างชนิดอาจมีความคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้รูปแบบของสเปกตรัมยังขึ้นกับวิธีการไอออไนซ์และการตรวจวัดสัญญาณของเครื่องมือ จึงมีการนำวิธีมิติแก๊สโครมาโตกราฟี (multidimensional gas chromatography) มาใช้ เช่น two dimensional gas chromatography (Hinshaw, 2004; Mac Namara, 2003) โดยใช้คอลัมน์ที่มีเฟสคงที่แตกต่างกันมาต่อกัน ซึ่งมีประโยชน์ในการแยกและตรวจสอบสารได้มากขึ้นโดยเฉพาะสารที่แยกออกมาพร้อมกัน เทคนิคต่าง ๆ ดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย แต่การนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในงานประจำอาจมีหลายขั้นตอนที่ยุ่งยาก การใช้ค่า retention index (RI) ร่วมกับการใช้ข้อมูลจากสเปกตรัมอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำข้อมูลจากก๊าซโครมาโตกราฟีมาใช้ประโยชน์ในงานประจำ เช่น การตรวจสอบความบริสุทธิ์หรือการปลอมปนของน้ำมันระเหยง่าย (Marriott, 2001) ค่า retention index คือเวลาสัมพัทธ์ (relative retention time) ของสารที่แยกออกมาเปรียบเทียบกับค่า retention time ของสารมาตรฐานอัลเคนจำนวน 2 ถึง 40 คาร์บอนอะตอม โดยทั่วไปสารมาตรฐานอัลเคนที่ใช้จะอยู่ในช่วง 8 ถึง 20 คาร์บอนอะตอม ค่านี้เป็นค่าคงที่สำหรับสารแต่ละชนิดในสภาวะการวิเคราะห์หนึ่ง ๆ ซึ่งสามารถคำนวณและเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลสเปกตรัมของ National Institute of Standards and Technology (NIST) Chemistry WebBook (Babushok, 2007) ความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยใช้ค่านี้ขึ้นกับความแตกต่างของค่า retention time ของสารที่สนใจ

และค่า retention time ของสารมาตรฐาน ดังนั้นการใช้ค่า retention index ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรีสามารถใช้ยืนยันชนิดของสารที่แยกออกมาได้และนำมาใช้ประโยชน์ในงานประจำได้ โดยแต่ละห้องปฏิบัติการสามารถสร้างฐานข้อมูลในสภาวะมาตรฐานไว้เปรียบเทียบ ทั้งนี้ค่า retention index ยังสามารถใช้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการที่แตกต่างกันได้ โดยต้องคงสภาวะในการวิเคราะห์หรือตัวแปร เช่น คุณสมบัติของคอลัมน์ ชนิดและอัตราการไหลของก๊าซพาที่เหมือนกัน (Babushok, 2007) เนื่องจากการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายส่วนใหญ่พบสารประกอบหลายชนิด การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี แมสสเปกโตรเมตรีร่วมกับค่า retention index อาจไม่สามารถวิเคราะห์สารที่มีปริมาณน้อยและแยกออกมาในเวลาเดียวกันได้ การพัฒนาวิธีการหาค่า retention index โดยใช้สภาวะ program temperature ซึ่งเปลี่ยนอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิต่อนาที หรือใช้หลักการของเคโมเมทริกซ์ จะช่วยในการวิเคราะห์สารที่มีการแยกออกมาพร้อมกันหรือมีพีคซ้อนทับกันหรือมีค่า signal to noise ratio ต่ำได้ (Zhao, 2005)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายสกัดจากเหง้าชิงสดและแคปซูลชิงจากแหล่งจำหน่ายในประเทศไทย แคปซูลชิงที่ใช้ในงานวิจัยมีข้อบ่งใช้ในการขับลม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเน้นที่การศึกษาปริมาณน้ำมันระเหยง่ายและองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายเป็นหลัก โดยใช้วิธีการสกัดน้ำมันระเหยง่ายแบบกลั่นด้วยไอน้ำจากเหง้าชิงสดและจากแคปซูลชิงซึ่งบรรจุผงเหง้าชิงแห้ง จากนั้นนำน้ำมันระเหยง่ายที่ได้ไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี และก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างชิงและสกัดน้ำมันระเหยง่าย

ตัวอย่างเหง้าชิงสด 5 แหล่ง (F1-F5) ชื้อจากแหล่งเพาะปลูกชิงจากจังหวัดสระแก้ว เชียงราย เพชรบูรณ์ พะเยา และสมุทรปราการ ประเทศไทย อายุประมาณ 10-11 เดือน นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำในที่ร่มประมาณ 12-24 ชั่วโมง ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 ซม. และนำไปกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าชิงสดสำหรับตัวอย่างแคปซูลชิง ชื้อจากร้านขายยาสมุนไพรและบริษัทต่างๆในประเทศไทยจำนวน 11 ตัวอย่าง (C1-C11)

การกลั่นหาปริมาณน้ำมันระเหยง่ายในตัวอย่างชิง(เหง้าชิงสดและแคปซูลชิง) ทำตามวิธีของ Thai Herbal Pharmacopoeia, THP Volume II (2007) โดยแกะผงชิงออกจากแคปซูล แล้วชั่ง 20 กรัม อย่างแม่นยำ สำหรับเหง้าชิงสดที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่ง 100 กรัม อย่างแม่นยำเช่นเดียวกัน ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร ที่ประกอบกับชุดเครื่องกลั่นน้ำมันระเหยง่าย (cleverger apparatus, NK Supply) เติมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆให้เข้ากัน เติมน้ำใน graduated tube จนถึง standard line แล้วเติม xylene (BDH Laboratory Supplies, England) 2 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 130-150°C จนน้ำในขวดก้นกลมเดือด จากนั้นกลั่นด้วยอัตรา 2-3 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา หยุดให้ความร้อน ทิ้งให้เย็น (ประมาณ 30 นาที) ไข่น้ำออกข้างๆ จนระดับ xylene และน้ำมันระเหยง่ายที่ปนกันลงไปที่ preparation line ทิ้งให้เย็นอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นไข่น้ำออกข้างๆจนระดับ xylene ลงไปที่ขีด 0 อ่านปริมาตรของน้ำมันระเหยง่าย กลั่นตัวอย่างลง 3 ขั้ว การคำนวณร้อยละของน้ำมันระเหยง่ายในตัวอย่างชิงต้องคำนวณจากน้ำหนักแห้งเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

ร้อยละของน้ำมันระเหยง่าย (%v/v)

$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำมันระเหยง่าย} \times 100}{\text{น้ำหนักสุทธิ}}$$

$$\text{น้ำหนักสุทธิ} = \text{น้ำหนักขิง} - \frac{\% \text{ความชื้น} \times \text{น้ำหนักขิง}}{100}$$

$$(\text{น้ำหนักขิง} = \text{น้ำหนักเหง้าขิงสดหรือน้ำหนักผงขิง})$$

การหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างขิงใช้ Azeotropic Distillation Method ของ THP Volume II (2007) โดยเติม toluene (J.T.Baker, USA) 200 มิลลิลิตร และ น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร ในขวดก้นกลมที่แห้งสนิทที่ประกอปกกับชุดเครื่องกลั่นน้ำ (NK Supply) กลั่นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง อ่านปริมาตรน้ำที่กลั่นได้ จากนั้นชั่งตัวอย่างขิงปริมาณ 30 กรัม อย่างแม่นยำเติมลงไปในช่วงก้นกลม แล้วให้ความร้อนช้าๆ ประมาณ 15 นาที เมื่อ toluene เริ่มเดือด กลั่นด้วยอัตราการกลั่น 2 หยดต่อวินาที จนน้ำถูกกลั่นออกมาเกือบหมด จึงปรับอัตราการกลั่นเป็น 4 หยดต่อวินาที เมื่อน้ำถูกกลั่นออกมาหมด กลั้วผนังภายในของเครื่องกลั่นด้วย toluene ที่อุณหภูมิห้อง กลั่นต่อ 5 นาที แล้วหยุดให้ความร้อน รวมเวลากลั่นครั้งที่สอง 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เมื่อน้ำและ toluene แยกตัวกันชัดเจน อ่านปริมาตรน้ำที่กลั่นได้ แล้วคำนวณปริมาณน้ำในตัวอย่าง กลั่นตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ก๊าซโครมาโตกราฟี

การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี (Hewlett Packard HP6890) ที่คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เครื่องตรวจวัดสัญญาณชนิด flame ionization สภาวะที่ใช้ประกอบด้วย อุณหภูมิของส่วนฉีดสาร 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นจาก 60 องศาเซลเซียส (คงไว้ 2 นาที) และเพิ่มขึ้นในอัตรา 2 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนเป็น 180 องศาเซลเซียส (คงไว้ 4 นาที) อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดสัญญาณ 300 องศาเซลเซียส คอลัมน์เป็นชนิด HP-5 (25 m, 0.25 μ m, 0.25 mm) ก๊าซพาหือก๊าซฮีเลียม อัตราการไหล 1 มล.ต่อนาที ปริมาตรที่ฉีด 1 ไมโครลิตร และ split ratio 50:1 รายงาน

ผลเป็นค่าร้อยละของพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์ (relative peak area percent) และค่า retention index เนื่องจากไม่สามารถหาชื่อสารมาตรฐาน zingiberene ได้ ค่าร้อยละของพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์ได้จากพื้นที่ใต้พีคของสารที่วิเคราะห์เทียบกับพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดของสารที่วิเคราะห์ ได้ ค่า retention index ได้จากค่า retention time ของสารที่พบในน้ำมันระเหยง่ายและค่า retention time ของสารมาตรฐานอัลเคน C8-C20 (Fluka) ค่า retention index สามารถคำนวณได้จากค่า retention time ของสารมาตรฐานที่ออกมาก่อนและหลังค่า retention time ของสารที่สนใจ จากสูตรดังนี้

$$RI = \frac{100n + 100(t_x - t_n)}{(t_{n+1} - t_n)}$$

X = สารที่สนใจ

n = สารมาตรฐาน n-alkane $C_n H_{2n}$ ที่แยกออกมาก่อนสารที่สนใจ

n+1 = สารมาตรฐาน n-alkane $C_{n+1} H_{2(n+1)}$ ที่แยกออกมาหลังสารที่สนใจ

t = เวลาที่สารแยกออกมา (ในหน่วยนาทีหรือวินาที)

RI = retention index หรือ เวลาสัมพัทธ์ของสารที่แยกออกมา (ไม่มีหน่วย)

1. ก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี

น้ำมันระเหยง่ายถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี (Hewlett Packard HP6890/5973) ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สภาวะที่ใช้ประกอบด้วย อุณหภูมิของส่วนฉีดสาร 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นจาก 60 องศาเซลเซียส (คงไว้ 2 นาที) และเพิ่มขึ้นในอัตรา 2 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนเป็น 180 องศาเซลเซียส (คงไว้ 4 นาที) อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดสัญญาณ 300 องศา

เซลเซียส คอลัมน์เป็นชนิด HP-5MS (30 m, 0.25 μ m, 0.25 mm) ก๊าซพาเป็นก๊าซฮีเลียม อัตราการไหล 1 มล./ต่อนาที ปริมาตรที่ฉีด 1 ไมโครลิตร และ split ratio 50:1 สภาวะของแมสสเปกโตรเมตรี mass ionization เป็น electron impact 70 eV mass analyzer เป็น quadrupole อุณหภูมิของส่วนไอออไนเซชันคือ 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของส่วน mass analyzer 150 และ 280 องศาเซลเซียส ช่วงมวลในการวิเคราะห์ 50-700 amu

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การควบคุมคุณภาพตามข้อกำหนดในเภสัชตำรับของประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดปริมาณน้ำมันระเหยง่ายในแคปซูลขิงต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.4 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.8 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักในเหง้าขิง (The United State Pharmacopoeia, 2008) เภสัชตำรับของประเทศอังกฤษกำหนดปริมาณน้ำมันระเหยง่าย 15 มล./1000 กรัม หรือร้อยละ 1.5 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (British Pharmacopoeia, 2010) ในขณะที่มาตรฐานขององค์การอนามัยโลกกำหนดปริมาณน้ำมันระเหยง่ายต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.0 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักในเหง้าขิงแห้ง (Anonymous, 1999) สำหรับประเทศไทยมีระบุในบัญชียาจากสมุนไพร (แนบท้ายประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ เรื่อง บัญชียาหลักแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2554) กำหนดว่ายาแคปซูล ยาผง ยาเม็ด ที่ประกอบด้วยผงเหง้าขิงมีน้ำมันหอมระเหยไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.0 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (Anonymous, 2006; Anonymous, 2011)

ตารางที่ 1 Volatile oil content of ginger samples

No.	Samples	Volatile oil content (%v/w)	
		Mean (n=3)	SD
1	C1	1.34	0.02
2	C2	1.37	0.27
3	C3	1.34	0.27
4	C4	0.69	0.14
5	C5	2.45	0.27
6	C6	2.10	0.11
7	C7	2.40	0.23
8	C8	1.17	0.16
9	C9	1.61	0.27
10	C10	1.15	0.15
11	C11	1.25	0.03
12	F1	0.90	0.16
13	F2	1.08	0.28
14	F3	0.88	0.20
15	F4	1.99	0.18

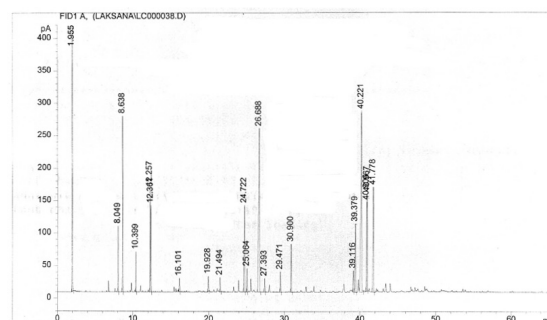
หมายเหตุ: ตัวอย่างเหง้าขิง F5 กลั่นครั้งแรก ได้ปริมาณน้ำมันระเหยง่ายน้อย และไม่มีวัตถุติดเพียงพอสำหรับกลั่นใหม่

ปริมาณน้ำมันระเหยง่ายของตัวอย่างแคปซูลขิงที่ทำด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.69-2.45 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (ตารางที่ 1) จากตัวอย่างแคปซูลขิง 11 ตัวอย่าง มีเพียง 4 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณน้ำมันระเหยง่ายมากกว่าร้อยละ 1.4-1.5 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักตามมาตรฐานเภสัชตำรับของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอังกฤษ และมีเพียง 3 ตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันระเหยง่ายมากกว่าร้อยละ 2.0 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักตามข้อกำหนดในบัญชียาจากสมุนไพรของประเทศไทย ตัวอย่างขิงในงานวิจัยนี้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4.94-9.47 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักตามมาตรฐานที่กำหนดสำหรับสมุนไพรแห้งโดยทั่วไป และใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นที่มีรายงาน

ในการวิจัยเกี่ยวกับขิง (ร้อยละ 8-14) (Van, 1987; Ony-
enekwe, 1999; Sultan, 2005; Chen, 1988) สำหรับ
เหง้าขิงสดในการวิจัยนี้กลั่นน้ำมันระเหยง่ายด้วยวิธี
เดียวกับแคปซูลขิงเพื่อเก็บน้ำมันขิงมาศึกษาองค์ประ
กอบของน้ำมันระเหยง่ายเพื่อเปรียบเทียบเท่านั้นพบปริ
มาณน้ำมันระเหยง่ายร้อยละ 0.88-1.99 โดยปริมาตรต่อ
น้ำหนัก ตัวอย่าง F5 มีวัตถุดิบปริมาณน้อย กลั่นได้น้ำมัน
ระเหยง่ายปริมาณน้อยมากเพียงเพื่อนำไปวิเคราะห์
โดยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีจึงไม่ได้รายงานค่าใน
ตารางที่ 1 รายงานการวิจัยการกลั่นน้ำมันระเหยง่าย
จากเหง้าขิงที่ปลูกในประเทศอื่นแถบเอเชียและแอฟริกา
ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำพบว่า มีปริมาณน้ำมันระเหย
ง่ายในช่วงร้อยละ 0.21-4.3 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก การ
วิจัยที่ใช้ตัวอย่างเหง้าขิงสดเป็นขิงของประเทศจีนและ
กัวนี (Guinea) การกลั่นด้วยไอน้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
ได้ปริมาณน้ำมันระเหยง่ายร้อยละ 0.22 และ 0.44 ตาม
ลำดับ (Toure, 2007) ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณน้ำมัน
ระเหยของเหง้าขิงสดที่กลั่นได้ในการวิจัยครั้งนี้ ร้อยละ
0.88-1.99 ในเวลาการกลั่น 5 ชั่วโมง มีรายงานการวิจัย
ที่ศึกษาตัวอย่างเหง้าขิงของประเทศไทยและประเทศ
จีนแต่ในบทความนี้ไม่ได้กล่าวรายละเอียดว่าเป็นขิงสด
หรือแห้ง ผลการกลั่นด้วยไอน้ำพบปริมาณน้ำมันระเหย
ง่ายร้อยละ 1.58 และ 0.98 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักใน
ขิงของประเทศไทยและประเทศจีนตามลำดับ (Sultan,
2005) นอกจากนี้วิธีการสกัดแบบ liquid carbon di-
oxide พบว่าได้ปริมาณน้ำมันระเหยง่ายสูงถึงร้อยละ
3.44 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (Chen, 1986; Chen,
1988) และมีรายงานการวิจัยที่ใช้เทคนิค solid-phase
microextraction and headspace solvent microextrac-
tion (Bilehal, 2011) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสกัดและ
ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายในขิง นอกจากนี้
ยังพบรายงานการวิจัยใช้วิธี microwave distillation
และ solid-phase microextraction (MD-SPME) ใน
การสกัดน้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าขิงสดและศึกษาองค์
ประกอบโดยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตร
เมตรีซึ่งใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยและใช้เวลาสั้น (Yu,

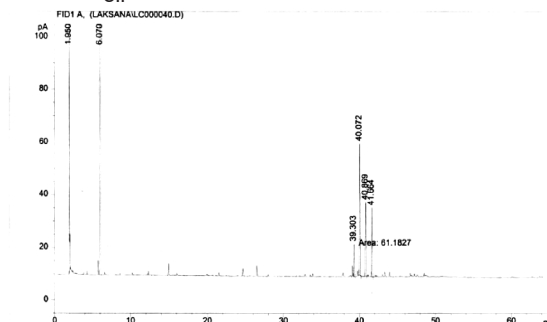
2007) นอกจากเทคนิคการกลั่นน้ำมันระเหยง่ายแบบ
ต่างๆแล้ว ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันระเหย
ง่ายของขิงคืออายุการเก็บเกี่ยวและพื้นที่เพาะปลูก
ของขิง

รูปที่ 1 Gas chromatogram of fresh ginger rhizome
volatile oil



$t_R = 1.955$ minute was methanol peak

รูปที่ 2 Gas chromatogram of ginger capsule volatile
oil



$t_R = 1.950$ minute was methanol peak and $t_R = 6.070$ minute
was xylene peak

ผลการวิเคราะห์น้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิง
สดและแคปซูลขิงด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีโดยมี
เครื่องตรวจวัดสัญญาณแบบ flame ionization detec-
tor (FID) แสดงเป็นโครมาโตแกรม (รูปที่ 1 และรูปที่
2) ก๊าซโครมาโตแกรมของทุกตัวอย่างขิงแสดงรูปแบบ
ขององค์ประกอบในน้ำมันขิงที่คล้ายกันจึงแสดงตัวอย่าง
โครมาโตแกรมของเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงที่ศึกษาใน

การวิจัยนี้ยังละหนึ่งตัวอย่าง โดยเหง้าขิงสดแสดงฟีกของสารต่าง ๆ มากกว่าและไม่พบฟีกของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและสารประกอบ oxygenated monoterpene หรืออาจมีในปริมาณน้อยมากซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ไม่สามารถตรวจพบได้ เนื่องจากการวิจัยนี้ไม่มีสารมาตรฐาน zingiberene การรายงานร้อยละของพื้นที่ใต้ฟีกของสารที่ตรวจพบเทียบกับพื้นที่ใต้ฟีกของสารทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละตัวอย่างจึงบอกเพียงภาพรวมขององค์ประกอบของสารที่พบในน้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงซึ่งฟีกที่พบเป็นส่วนใหญ่ในตัวอย่างคือฟีกของสาร zingiberene แคปซูลขิงมีฟีกของสารที่พบเหมือนกับในเหง้าขิงสดจำนวน 4 ฟีกที่ t_R 39-41 นาที และบางตัวอย่างของแคปซูลขิงพบว่ามีการแยกออกมาที่ t_R 8.6 นาที สารที่ตรวจพบในน้ำมันระเหยง่ายของตัวอย่างเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงในการวิจัยนี้ คือ zingiberene ซึ่งมีค่า retention time ที่เวลา 40.033-40.126 นาที คิดเป็นร้อยละของพื้นที่ใต้ฟีก zingiberene สัมพัทธ์ 11.94-39.48 ของเหง้าขิงสดและร้อยละ 11.99-37.49 ของแคปซูลขิง (ตารางที่ 2) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานอื่นที่พบปริมาณ zingiberene ในช่วงร้อยละ 20-36 (Van, 1987) และตัวอย่างที่พบร้อยละของพื้นที่ใต้ฟีก zingiberene สัมพัทธ์ในปริมาณสูงคือตัวอย่าง C5, C6 C7 ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับการพบปริมาณน้ำมันระเหยง่ายสูงในตัวอย่างเหล่านี้ และจากการวิจัยนี้ปริมาณ zingiberene ที่พบมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันระเหยง่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น (p -value < 0.01) ตัวอย่างแคปซูลขิงบางแหล่งพบปริมาณ zingiberene สูงกว่าที่พบในเหง้าขิงสดอาจเนื่องจากการวิจัยนี้ไม่สามารถควบคุมระยะเวลาเพาะปลูกและการเก็บเหง้าขิง ตลอดจนกระบวนการผลิตแคปซูลขิงและระยะเวลาที่วางจำหน่ายได้ นอกจากนี้ตัวอย่างเหง้าขิงสดที่ศึกษาในครั้งนี้ค่อนข้างจะมีความชื้นสูง

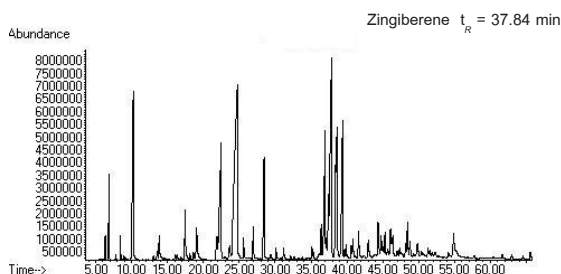
ตารางที่ 2 Comparison of relative peak area of zingiberene of ginger samples

No.	Samples	Relative peak area percent of zingiberene*
1	C1	16.84
2	C2	21.72
3	C3	12.11
4	C4	11.99
5	C5	37.49
6	C6	37.27
7	C7	34.66
8	C8	18.82
9	C9	27.54
10	C10	14.40
11	C11	12.98
12	F1	39.48
13	F2	35.43
14	F3	25.94
15	F4	11.94
16	F5	20.14

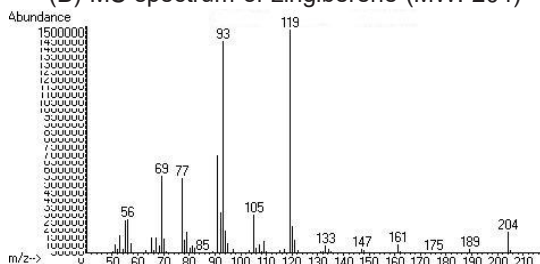
C = ginger capsules F = fresh ginger rhizomes

*retention time of (t_R) zingiberene 40.033 - 40.126 minute from gas chromatography

รูปที่ 3 GC/MS spectrums (A) Total Ion Chromatogram of fresh ginger rhizomes



(B) MS spectrum of zingiberene (MW. 204)



เมื่อนำน้ำมันระเหยง่ายของตัวอย่างซึ่งเหล่านี้อวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี พบว่า total ion chromatogram (TIC) แสดงองค์ประกอบที่พบในน้ำมันระเหยง่ายของขิง (รูปที่ 3A) แม้ว่าค่า retention time จะแตกต่างจากก๊าซโครมาโตแกรมเล็กน้อยแต่ลักษณะและรูปแบบของสารที่แยกออกมาเหมือนกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี และค่า t_R ของฟีก zingiberene เป็น 37.84 นาที เมื่อวิเคราะห์ด้วยก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี เหตุที่ค่า retention time แตกต่างกันเล็กน้อยแม้ว่าจะใช้สภาวะในการวิเคราะห์เหมือนกันเนื่องจากวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างเครื่องซึ่งอยู่ที่ห้องปฏิบัติการคนละแห่ง ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรีพบสารประกอบจำนวน 20 ชนิด ในน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงสด ซึ่งเป็นสารกลุ่ม monoterpenes, oxygenated monoterpenes และ sesquiterpenes (ตารางที่ 3) ในขณะที่พบสารประกอบเพียง 4 ชนิด ในน้ำมันระเหยง่ายของแคปซูลขิง ซึ่งเป็นสารกลุ่ม ses-

quiterpenes เป็นส่วนใหญ่ รูปที่ 3B คือแมสสเปกตรัมของฟีก zingiberene ซึ่งแสดงมวลของสารตรงกับมวลของ zingiberene คือ 204 กรัม/โมล และ fragment ions ที่ m/z 119, 93 สอดคล้องกับในฐานข้อมูลแมสสเปกตรัมของ NIST นอกจากนี้มวลขององค์ประกอบอื่นที่พบในน้ำมันระเหยง่ายของตัวอย่างขิงในการวิจัยครั้งนี้ ได้ถูกตรวจสอบมวลสารกับฐานข้อมูลแมสสเปกตรัมของ NIST เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3) องค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายของแคปซูลขิงน้อยกว่าเหง้าขิงสด เนื่องจากอาจจะสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิตและการทำให้แห้งซึ่งสารที่พบในแคปซูลขิงจะเป็นกลุ่ม sesquiterpene เป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบอื่นที่สลายตัวง่ายเช่น gingerols, shogaols ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแบบทั่วไปได้ แต่มีผู้วิจัยใช้เทคนิคแมสสเปกโตรเมตรีแบบ soft ionization เช่น fast atomic bombardment mass spectrometry (FAB-MS) ตรวจพบ gingerols และ methyl gingerol ในตัวอย่างขิงที่สกัดโดยวิธี liquid carbon dioxide (Chen, 1986)

รายงานการวิจัยศึกษาองค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงที่ปลูกในประเทศต่างๆ ซึ่งใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี และรายงานปริมาณที่พบเป็นร้อยละของพื้นที่ใต้ฟีกของสารเทียบกับพื้นที่ใต้ฟีกของสารที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมด พบว่าองค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงแห้งจากประเทศเวียดนาม ซึ่งกลั่นด้วยไอน้ำนาน 12 ชั่วโมง ตรวจพบ geranial มากที่สุด (ร้อยละ 15.9) รองลงมาคือ camphene (ร้อยละ 12.6) และ zingiberene (ร้อยละ 9.2) (Van, 1987) ส่วนเหง้าขิงแห้งของประเทศไนจีเรียวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายโดยเทคนิค GC MS พบ zingiberene มากที่สุด (ร้อยละ 29.5) รองลงมาคือ sesquiphellandrene (ร้อยละ 18.4) เป็นองค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายจากการกลั่นด้วยไอน้ำนาน 6 ชั่วโมง (Onyenekwe, 1999) รายงานการวิจัยของ Toure, 2007 พบว่า องค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายของเหง้าขิงสดของประเทศจีนมี zingiberene มากกว่าขิงของประเทศกานี ร้อยละ 31.1 และ 19.58 ตามลำดับของพื้นที่ใต้ฟีกของสารที่พบทั้งหมด การศึกษาตัวอย่างเหง้าขิง

ของประเทศไทยและประเทศจีนด้วยเทคนิค GC พบปริมาณ zingiberene ร้อยละ 30.81 ของพื้นที่ใต้พีคของสารที่พบทั้งหมดในขิงของประเทศไทยซึ่งมากกว่าของประเทศจีน (ร้อยละ 8 ของพื้นที่ใต้พีคของสารที่พบทั้งหมด) (Sultan, 2005)

ค่า retention index หรือ Kovat retention index ของพีคที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายของขิงคำนวณจากค่า retention time ของพีคสารที่สนใจเทียบกับค่า retention time ของพีคสารมาตรฐานอัลเคนที่แยกออกมาติดกันก่อนและหลังพีคที่สนใจ ซึ่งสอดคล้องกับค่า retention index ในฐานข้อมูลของ NIST ที่วิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์ประเภทเดียวกัน ค่า retention index ที่คำนวณในการวิจัยครั้งนี้ มีค่าสอดคล้องกับ

ผลการวิจัยที่ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันขิงจากวิธี microwave distillation solid-phase microextraction (MS-SPME) ซึ่งพบสารประกอบจำนวน 39 ชนิดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี (Yu, 2007) ค่า retention index ขององค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายในตัวอย่างเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงที่คำนวณแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3 ข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้รวบรวมค่า retention index ขององค์ประกอบในน้ำมันระเหยง่ายของขิงในประเทศไทย ซึ่งนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลจากแมสสเปกตรัมในการตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายในแคปซูลขิง และอาจเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของแคปซูลขิงได้

ตารางที่ 3 Volatile oil components of fresh ginger rhizomes and ginger capsules

No.	Compounds	RI	KI	MW [#]	Ginger rhizomes		Ginger capsules	
					t _R (min)	%Area	t _R (min)	%Area
1	α -pinene	932	936	136	8.049	2.52	-	-
2	camphene	946	941	136	8.638	7.15	8.629	3.66
3	β -pinene	990	986	136	10.399	1.73	-	-
4	<i>p</i> -cymene	1028	1027	134	12.257	5.75	-	-
5	β -phellandrene	1030	1033	136	12.361	4.00	-	-
6	2-nonanone	1100	1093	142	16.101	0.93	-	-
7	borneol	1163	1162	154	19.928	0.87	-	-
8	α -terpineol	1189	1189	154	21.494	0.91	-	-
9	<i>neral</i>	1242	1245	152	24.722	6.32	-	-
10	<i>citral</i>	1247	1248	152	25.064	1.38	-	-
11	geranial (α -citral)	1273	1274	152	26.688	17.51	-	-
12	bornyl acetate	1284	1288	196	27.393	0.85	-	-
13	2-methoxy-4-vinylphenol	1318	1315	150	29.471	1.25	-	-
14	δ -elemene	1341	1342	204	30.900	3.02	-	-
15	germacrene D	1478	-	204	39.116	1.47	-	-
16	curcumene	1483	1483	202	39.379	4.84	39.343	20.71
17	α -zingiberene	1497	1495	204	40.221	20.14	40.109	34.66
18	β -bisabolene	1509	1509	204	40.906	5.89	40.854	18.97
19	α -farnescene	1510	1510	204	40.967	5.12	-	-
20	sesquiphellandrene	1524	1526	204	41.778	8.36	41.703	22.00

* RI (retention index) calculated from standard alkanes analyzed with HP-5 column (see more detail in Material and methods)

** KI (Kovat retention index) from NIST webbook chemistry (<http://webbook.nist.gov>)

*** order of elution on HP-5 column of gas chromatography

MW from GC-MS spectrum

สรุปผลการวิจัย

ตัวอย่างเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงในการวิจัยนี้ พบว่ามีน้ำมันระเหยง่ายร้อยละ 0.69-2.45 โดยปริมาตร ต่อน้ำหนัก การวิเคราะห์โดยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี พบ zingiberene เป็นองค์ประกอบหลักทั้งในเหง้าขิงสด และแคปซูลขิง คิดเป็นร้อยละของพื้นที่ใต้พีค zingiberene สัมพันธ์ 11.94-39.48 สารประกอบกลุ่ม monoterpene และ oxygenated monoterpene พบน้อยมากหรือแทบไม่พบเลยในแคปซูลขิง การวิเคราะห์โดยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรียืนยันชนิดขององค์ประกอบ ในน้ำมันระเหยง่ายของขิงจากมวลสารและสอดคล้องกับค่า retention index ที่คำนวณและจากฐานข้อมูล NIST จึงอาจใช้ค่า retention index ในการตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายในแคปซูลขิงได้ ทั้งนี้ควรสร้างฐานข้อมูลน้ำมันระเหยง่ายจากเหง้าขิงสดของแต่ละแหล่งไว้เปรียบเทียบกับองค์ประกอบของน้ำมันระเหยง่ายในเหง้าขิงสดและแคปซูลขิง โดยใช้วัตถุดิบจากแหล่งเดียวกัน เพื่อป้องกันถึงคุณภาพของสารออกฤทธิ์ขั้วลบของแคปซูลขิง นอกจากการควบคุมปริมาณน้ำมันระเหยง่ายโดยรวมตามที่เภสัชตำรับและบัญชียาจากสมุนไพร กำหนด และยังคงแสดงให้เห็นสัดส่วนขององค์ประกอบน้ำมันระเหยง่ายในแคปซูลขิงที่เปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านกระบวนการผลิตและการเก็บที่ระยะเวลาต่างๆ กัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข สำหรับงบประมาณสนับสนุนในการจัดซื้อตัวอย่างขิงและอุปกรณ์การกลั่นน้ำมันระเหยง่าย รวมทั้งขอขอบคุณ ภก.ธนะศักดิ์ ศิริอรุณพร ภญ.รัชดาวรรณ สุตสี ภก.สุทธิ สุทธิวรานันท์ ภก.ภาณุมาศ ธงยศ และภญ.วิภาพร อะโน (ขณะที่ทำวิจัยเป็นนักศึกษาเภสัชศาสตร์) สำหรับการศึกษเบื้องต้นในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ด้วยก๊าซโครมาโตกราฟี

References

- Anonymous. WHO Monographs on selected medicinal plants. Vol. I Annex 288. Malta WHO Graphics. 1999; 277-287.
- Anonymous. National Drug Committee, Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. List of Herbal Medicinal Products A.D.2006; 2008: 32-36.
- Anonymous. National Drug Committee, Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. List of Herbal Medicinal Products A.D.2011; 2011: 44.
- Babushok VI, Linstrom PJ, Reed JJ, Zenkevich IG, Brown RL, Mallard WG, Stein SE. Development of a database of gas chromatographic retention properties of organic compounds. *J.Chromatography A* 2007; 1157: 414-421.
- Bhattarai S, Tran VH, Duke, CC. The stability of gingerol and shogaol in aqueous solutions. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2001; 90: 1658-1664.
- Bilehal DC, Sung DD, Kim YH. Influence of the solvent, hydrodistillation-headspace solvent microextraction and composition of Korean ginger *Food Anal. Methods*. 2011; 4: 84-89.
- British Pharmacopoeia. The Stationary Office. United Kingdom; 2010 Vol.III
- Castello G. Retention index systems: alternatives to n-alkanes as calibration standards. *J.Chromatography A*. 1999; 842: 51-64.
- Chrubasik S, Pittler MH, and Roufogalis BD Zingiberis rhizoma: A comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomedicine*. 2005; 12: 684-701.
- Chen C-C, Rosen, RT. and Ho C-T. Chromatographic analyses of gingerol compounds in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extracted by liquid carbon dioxide. *J Chromatography*. 1986; 360: 163-173.
- Chen C-C and Ho C-T. Gas chromatographic analysis of volatile components of ginger oil (*Zingiber officinale* Roscoe) extracted with liquid carbon dioxide. *J Agric. Food Chem*. 1988; 36: 322-328.
- Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. Thai Herbal Pharmacopoeia Volume

- II. Bangkok: Prachachon Publishing; 2007: 136-140.
- Hinshaw JV. Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography. *LC.GC Europe*. 2004; 2-7.
<http://webbook.nist.gov> National Institute of Standards and Technology Chemistry WebBook access on May 2010.
- Mac Namara K, Leardl R, Hoffmann A. Developments in 2D GC with Heartcutting. *Recent App Multidimensional Chromatography*. 2003; 14-22.
- Marriott PJ, Shellie R, and Cornwell C. Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils *J Chromatography A*. 2001; 936: 1-22.
- Mascolo N, Jain R, Jain, SC, and Capasso F. Ethanoparmacologic investigation of ginger (*Zingiber officinale*). *J Ethnopharmacol*. 1989; 27(1-2): 129-140.
- Onyenekwe P, Chidozie, Hashimoto S. The composition of the essential oil of dried Nigerian ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *Eur Food Res Technol*. 1999; 209: 407-410.
- Peng CT. Prediction of retention indices. VI: Isothermal and temperature-programmed retention indices, methylene value, functionality constant, electronic and steric effects. *J. Chromatography A*. 2010; 1217: 3683-3694.
- Sakamura F. Changes in volatile constituents of *Zingiber officinale* rhizomes during storage and cultivation. *Phytochemistry*. 1987; 26(8): 2207-2212.
- Sripanidkulchai B. Ginger for Health *IJPS*. 2008; 4(1): 1-15.
- Sultan M, Bhatti HN; Iqbal Z. Chemical analysis of essential oil of ginger (*Zingiber officinale*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2005; 8(11): 1576–1578
- The Official Compendia of Standards The United State Pharmacopoeia/National Formulary. Asian Edition. Port City Press, Baltimore, MD USA. 2008; Vol.I
- Toure, A. And Xiaoming, Z. Gas chromatographic analysis of volatile components of guinean and Chinese ginger oils extracted by steam distillation. *J Agronomy*. 2007; 6(2): 350-355.
- Van B, Terris A, Posthumus M, Lelyveld A, Gerrit P, Phiet HV, Yen BT. Investigation of the essential oil of vietnames ginger. *Phytochemistry* 1987; 26(11): 3005-3010.
- Vlastimil H, Vera B, Terpenes JP. XLI. Sesquiterpenes of ginger oil. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*. 1953; 18: 297-300.
- Yu Y, Huang T, Yang B, Liu X, and Duan G. Development of gas chromatography-mass spectrometry with microwave distillation and simultaneous solid-phase microextraction for rapid determination of volatile constituents in ginger. *J Pharm. Biomed Anal*. 2007; 43: 24-31.
- Zhao C-X, Liang Y-Z, Fang H-Z and Li X-N. Temperature-programmed retention indices for gas chromatography-mass spectroscopy analysis of plant essential oils. *J Chromatography A*. 2005; 1096: 76-85.