Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 510-514 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 510-514 (2555)

การศึกษาสารระเหยของผลมะเดื่อฝรั่ง
Study on Volatile Compounds in Fig Fruits

จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม[1,2] และ วรรณี จิรภาคย์กุล[1,3]
Charuwan Rattanasakultham[1,2] and Wannee Jirapakkul[1,3]

Abstract

Odor is an important quality index for fresh fruit consumption. Odor of the fruit is associated with volatile compounds. The volatiles in three cultivars of fig fruits (Black Genoa, Brown Turkey and Kadota) were determined by solid-phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry. The results indicated that the volatile compounds in figs could be classified into nine groups: hydrocarbons, ketones, alcohols, aldehydes, esters, acids, ethers, phenols and pyrans. All volatile compound groups were found in Black Genoa and Brown Turkey, while pyrans were not found in Kadota. Black Genoa had the highest amount of volatiles (3,135 ng/g D.W.) followed by Brown Turkey and Kadota, respectively. The majority of these volatile compounds were hydrocarbons and aldehydes. Based on the odor activity value, most of the potent aroma volatiles of figs were aldehydes. *(E)*-2-hexenal (green, fruity and fresh odor) was the odorant compound with the highest concentration in all the three cultivars of figs.
Keywords: fig fruits, volatile compounds, cultivar

บทคัดย่อ

กลิ่นเป็นดัชนีคุณภาพที่สำคัญในการบริโภคผลไม้สด กลิ่นของผลไม้มีความสัมพันธ์กับสารระเหย (volatile compounds) จากการศึกษาชนิดและปริมาณสารระเหยของผลมะเดื่อฝรั่ง 3 พันธุ์ คือ แบลกจีนัว บราวน์ตุรกี และคาโดตา ด้วยวิธี solid-phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry พบว่าสารระเหยในผลมะเดื่อฝรั่งสามารถแบ่งได้เป็น กลุ่ม 9ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน คีโตน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ เอสเทอร์ กรด อีเทอร์ ฟีนอล และไพแรน โดยสายพันธุ์แบลกจีนัวและบราวน์ตุรกีมีสารระเหยครบทั้ง 9 กลุ่ม ในขณะที่สายพันธุ์คาโดตาไม่มีสารระเหยกลุ่มไพแรน สารระเหยของผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์แบลกจีนัวมีปริมาณมากที่สุด (3,135 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์บราวน์ตุรกีและคาโดตา ตามลำดับ สารระเหยส่วนใหญ่ของผลมะเดื่อฝรั่งเป็นสารระเหยในกลุ่มไฮโดรคาร์บอนและอัลดีไฮด์ เมื่อพิจารณาจากค่า odor activity value สารระเหยที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญของผลมะเดื่อฝรั่งส่วนใหญ่เป็นสารระเหยในกลุ่มอัลดีไฮด์ โดยผลมะเดื่อฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณ (E)-2-hexenal มากที่สุด ซึ่งเป็นสารระเหยที่ให้ลักษณะกลิ่นเขียว (green) กลิ่นผลไม้ (fruity) และกลิ่นสด (fresh)
คำสำคัญ: มะเดื่อฝรั่ง สารระเหย สายพันธุ์

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] กลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
[2] Crop Processing Research and Development Group, Post-Harvest and Products Processing Research and Development Office, DOA, Bangkok 10900
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University

คำนำ

มะเดื่อฝรั่ง (*Ficus carica* L.) เป็นไม้ผลจัดอยู่ในวงศ์ Moraceae เช่นเดียวกับหม่อน เป็นผลไม้เพื่อสุขภาพที่นิยมบริโภคสด ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลไม้มีหลายประการเช่น ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นรส นอกจากการเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันแล้วอีกปัจจัยที่มีความสำคัญคือคุณภาพด้านกลิ่นรสของมะเดื่อฝรั่งซึ่งเมื่อมะเดื่อฝรั่งสุกจะมีกลิ่นหอม โดยกลิ่นของผลไม้สดจะถูกกำหนดโดยสารให้กลิ่นที่สำคัญ (odor-active compounds) ปัจจุบันการศึกษาสารให้กลิ่นที่สำคัญต่อกลิ่นของผลไม้ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเป็นลักษณะเฉพาะของผลไม้แต่ละชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาชนิดและปริมาณสารระเหยของผลมะเดื่อฝรั่งสดเพื่อให้ได้องค์ความรู้พื้นฐานของผลมะเดื่อฝรั่งสดสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทยและเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาในการแปรรูปด้านต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำผลมะเดื่อฝรั่ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์แบลกจีนัว คาโดตา (จาก จ.เชียงใหม่) และบราวน์ตุรกี (จาก จ.พิจิตร) เก็บเกี่ยวช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง หั่นให้มีขนาด 1x1x1 เซนติเมตร และแช่ไนโตรเจนเหลวทันที จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (Waring blender) (ทำการทดลองที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตรศาสตร์)

2. การสกัดสารระเหย

ทำการสกัดสารระเหยด้วยวิธี solid-phase microextraction (SPME) (ดัดแปลงจากOliveira *et al*., 2010a) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ปั่นด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที จากนั้นทำการ adsorption สารระเหยเหนือตัวอย่างด้วยไฟเบอร์ชนิด PDMS-DVB ขนาด 65 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีแล้วนำไปทำการ desorption ด้วยความร้อนที่ injection port ของเครื่อง GC อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

3. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหย

นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัดในข้อ 2 มาวิเคราะห์ด้วย gas chromatography-mass spectrometry โดยใช้สภาวะเครื่องแบบ splitless mode แยกสารระเหยด้วยแคปิลารีคอลัมน์ 2 ชนิด คือ คอลัมน์ HP-5 และคอลัมน์ FFAP ตามสภาวะของ Ware *et al.* (1993) บ่งบอกชนิดของสารระเหยโดยแมสสเปกโตรมิเตอร์ การระบุชนิดสารระเหยโดยการเปรียบเทียบข้อมูล mass spectrum ของสารแต่ละชนิดกับฐานข้อมูล Wiley 275 library คำนวณปริมาณความเข้มข้นของสารระเหยโดยการหาพื้นที่ใต้พีคของสาร แต่ละชนิดเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน (2-undecanone) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วรายงานเป็นความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารชนิดนั้นๆ (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) สำหรับการพิจารณาสารระเหยสำคัญของผลมะเดื่อฝรั่ง พิจารณาจากค่า odor activity value (OAV) ซึ่งคำนวณได้จากความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารระเหยแต่ละชนิดและค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรับรู้ได้ (threshold) ของสารระเหยชนิดนั้นๆ ดังสมการที่ 1 โดยสารระเหยที่มีค่า OAV มากกว่า 1 มีแนวโน้มว่าเป็นสารระเหยสำคัญในการเกิดกลิ่น (Grosch, 1993)

$$\text{OAV} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารระเหยในตัวอย่าง}}{\text{threshold ของสารระเหยให้กลิ่นชนิดนั้นๆ}} \quad (1)$$

4. การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผล

สารระเหยที่พบในผลมะเดื่อฝรั่งแบ่งเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน คีโตน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ เอสเทอร์ กรด อีเทอร์ ฟีนอล และไพแรน โดยผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์แบลกจีนัวมีปริมาณสารระเหยมากที่สุด (3,135 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาได้แก่สายพันธุ์บราวน์ตุรกี และคาโดตา ตามลำดับ ซึ่งสารระเหยส่วนใหญ่ของผลมะเดื่อฝรั่งเป็นสารระเหยกลุ่มไฮโดรคาร์บอน และอัลดีไฮด์ ในขณะที่สายพันธุ์คาโดตามีปริมาณสารระเหยกลุ่มเอสเทอร์มากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ (Figure 1) สำหรับสารระเหยที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญของผลมะเดื่อฝรั่งส่วนใหญ่เป็นสารระเหยกลุ่มอัลดีไฮด์ (Table 1) ซึ่ง *(E)*-2-hexenal มีปริมาณมากที่สุดในทุกสายพันธุ์ แต่ถ้าพิจารณาค่า OAV พบว่า *(E,E)*-2,4-nonadienal มีค่า OAV มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารระเหยชนิดอื่น โดย *(E,E)*-2,4-nonadienal พบเฉพาะในสายพันธุ์แบลกจีนัวและ บราวน์ตุรกี สำหรับ *(E)*-2-decenal มีแนวโน้มเป็นสารระเหยให้กลิ่นสำคัญที่พบเฉพาะในสายพันธุ์บราวน์ตุรกี สารระเหยกลุ่มไฮโดรคาร์บอนที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญได้แก่ *l*-limonene และ β-caryophyllene สำหรับสารระเหยที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญกลุ่มแอลกอฮอล์ได้แก่ 1-octen-3-ol และ *l*-linalool โดยสายพันธุ์แบลกจีนัวและคาโดตามีปริมาณ 1-octen-3-ol ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในขณะที่สายพันธุ์บราวน์ตุรกีมีปริมาณ *l*-linalool มากที่สุด ($p\leq0.05$) สารระเหยที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญกลุ่มเอสเทอร์ส่วนใหญ่พบในผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์คาโดตา ส่วนสารระเหยที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญกลุ่มอีเทอร์ (1,8-cineole) ในผลมะเดื่อฝรั่งทั้ง สายพันธุ์มีปริมาณไม่แตกต่างกัน 3($p>0.05$) สำหรับ guaiacol สารระเหยในกลุ่มฟีนอลนั้นไม่พบในผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์แบลกจีนัว

วิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่าผลมะเดื่อฝรั่งแต่ละสายพันธุ์มีชนิดและปริมาณสารระเหยแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากสายพันธุ์ที่ต่างกันจะมีสารประกอบทางเคมีที่ทำหน้าที่ในการแสดงกลิ่นรสของผลไม้แตกต่างกัน (Christensen *et al.,* 2007) สำหรับสารระเหยกลุ่มไฮโดรคาร์บอนซึ่งพบปริมาณมากในผลมะเดื่อฝรั่งแต่ไม่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญ เนื่องจากสารระเหยกลุ่มนี้มีค่า threshold ค่อนข้างสูง (Baltes and Song, 1994) สำหรับสารระเหยกลุ่มอัลดีไฮด์ เช่น *(E)*-2-hexenal เป็นสารระเหยที่ให้ลักษณะกลิ่นเขียว (green) กลิ่นผลไม้ (fruity) และกลิ่นสด (fresh) (Leffingwell, 2004) ส่วน *(E)*-2-decenal ซึ่งพบเฉพาะในสายพันธุ์บราวน์ตุรกีนั้นสอดคล้องกับรายงานของ Buttery *et al.* (1981) ซึ่งพบสารนี้ในผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Calimyrna โดยสารนี้ให้ลักษณะกลิ่นเขียว (green) และกลิ่นไขมัน (fatty)) Leffingwell, 2004) สำหรับ *l*-limonene เป็นสารระเหยให้ลักษณะกลิ่นสด (fresh) กลิ่นหวาน (sweet) และกลิ่นพืชตระกูลส้ม (orange citrus) ส่วน β-caryophyllene ให้ลักษณะกลิ่นไม้ (woody) และกลิ่นเครื่องเทศ (spicy) ซึ่งสารระเหยทั้งสองชนิดนี้สอดคล้องกับรายงานของ Oliveira *et al.* (2010b) ซึ่งพบในผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Pingo de Mel, Branca Tradicional, Borrasota Tradicional, Verbera Preta และ Preta Tradicional สำหรับ 1-octen-3-ol เป็นสารระเหยที่ให้ลักษณะกลิ่นเห็ด (Genovese *et al.,* 2007) และ *l*-linalool เป็นสารระเหยที่ให้ลักษณะกลิ่นส้ม (citrus) กลิ่นดอกไม้ (floral) และกลิ่นหวาน (sweet) (Leffingwell, 2004) ethyl hexanoate ซึ่งเป็นสารระเหยที่มีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มเอสเทอร์ มีรายงานว่าเป็นสารระเหยให้กลิ่นสำคัญในแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ (Song, 2010) 1,8-cineole เป็นสารระเหยให้กลิ่นสำคัญของพืชสมุนไพร เช่น กะเพรา (Barbieri *et al.,* 2004) โดยสารนี้ให้ลักษณะกลิ่นการบูร (camphoraceous) กลิ่นเย็น (cool) และกลิ่นสดชื่น (fresh) (Leffingwell, 2004) สำหรับ guaiacol เป็นสารที่ให้ลักษณะกลิ่นหวาน (sweet) และกลิ่นคล้ายควัน (smoke-like)(Leffingwell, 2004)

สรุป

สารระเหยที่พบในผลมะเดื่อฝรั่งส่วนใหญ่เป็นสารระเหยกลุ่มไฮโดรคาร์บอน และอัลดีไฮด์ สำหรับสารระเหยที่มีแนวโน้มเป็นสารให้กลิ่นสำคัญส่วนใหญ่คือสารระเหยกลุ่มอัลดีไฮด์ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นเขียว กลิ่นผลไม้ และกลิ่นสด โดยผลมะเดื่อฝรั่งสดจะมีชนิดและปริมาณสารระเหยแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ สำหรับผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์แบลกจีนัวมีปริมาณ β-caryophyllene มากที่สุด ในขณะที่สายพันธุ์บราวน์ตุรกีและคาโดตามีปริมาณ *(E)*-2-hexenal มากที่สุด จากผลการทดลองทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานด้านสารระเหยของผลมะเดื่อฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาในด้านต่างๆ ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Baltes, W. and C. Song. 1994. New aroma compounds in wheat bread, pp. 192-205. *In* T. H. Parliament, M. J. Morello and R. J. McGorrin, eds. Thermally Generated Flavors: Maillard, Microwave, and Extrusion Processes. American Chemical Society, Washington, DC.

Barbieri, S., M. Elustondo and M. Urbicain. 2004. Retention of aroma compounds in basil dried with low pressure superheated steam. Journal Food Engineering 65: 109–115.

Buttery, R. G., R. M. Seifert and L. C. Ling. 1981. Raisin and dried fig volatile components: possible insect attractants. American Chemical Society 170: 29-41.

Christensen, L. P., M. Edelenbos and S. Kreutzmann. 2007. Fruits and vegetables of moderate climate, pp. 135-187. *In* R. G. Berger, ed. Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability. Springer, New York.

Gemert, L. J. 2003. Odour Thresholds: Compilations of odour threshold values in air, water and other media. Van Setten Kwadraat. Netherlands. 378 p.

Genovese, A., A. Gambuti, P. Piombino and L. Moio. 2007. Sensory properties and aroma compounds of sweet Fiano wine. Food Chemistry 103: 1228-1236.

Grosch, W. 1993. Detection of potent odorants in foods by aroma extracts dilution analysis. Trends Food Sci. Technol. 4(3): 68-73.

Leffingwell, J. C. 2004. Flavor-Base Database, Version Date July 1, 2004.

Oliveira, A. P., L. R. Silva, P. B. Andrade, P. Valentão, B. M. Silva, J. A. Pereira and P. G. de Pinho. 2010a. Determination of low molecular weight volatiles in *Ficus carica* using HS-SPME and GC/FID. Food Chemistry 121: 1289-1295.

Oliveira, A. P., L. R. Silva, P. G. de Pinho, A. Gil-Izquierdo, P. Valentão, B. M. Silva, J. A. Pereira and P. B. Andrade. 2010b. Volatile profiling of Ficus carica varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. Food Chemistry 123: 548-557.

Song, J. 2010. Major enzymes of flavor volatiles production and regulation in fresh fruits and vegetables, pp. 45-68. *In* A. Bayindirli, ed. Enzymes in Fruit and Vegetable Procesing: Chemistry and Engineering Applications. CRC Press, Inc., New York.

Ware, A. B., P. T. Kaye, S. G. Compton and S. V. Noort. 1993. Fig volatiles: their role in attracting pollinators and maintaining pollinator specificity. Plant Systematics and Evolution 186: 147-156.

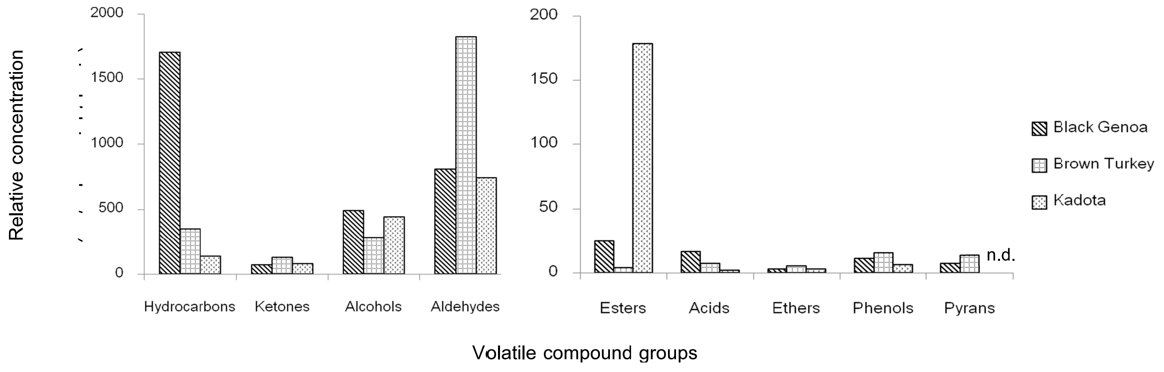

Figure 1 Volatile compounds of fig fruits

Table 1 Key aroma volatile compounds of fig fruits

Volatile compounds	RI[1]		Relative concentration (ng/g D.W.)			Threshold[2] in water (ng/g)	OAV		
	HP-5	FFAP	Black Genoa	Brown Turkey	Kadota		Black Genoa	Brown Turkey	Kadota
Hydrocarbons									
l-limonene	1033	1190	13.40a	n.d.	n.d.	10	1.34	n.a.	n.a.
β-caryophyllene	1437	1588	840.16a	64.34b	9.05b	150	5.60	<1	<1
Alcohols									
1-octen-3-ol	980	1448	104.29a	67.71b	107.31a	1	104.29	67.71	107.31
l-linalool	1095	1546	4.40c	84.89a	24.08b	1	4.40	84.89	24.08
Aldehydes									
hexanal	800	1084	93.59b	359.18a	96.70b	4.5	20.80	79.82	21.49
(E)-2-hexenal	853	1220	212.84b	475.85a	126.10c	17	12.52	27.99	7.42
octanal	1004	1287	25.22bc	80.40a	19.41c	0.7	36.03	114.86	27.73
nonanal	1105	1395	71.00b	132.25a	55.81b	1	71.00	132.25	55.81
(E)-2-decenal	1266	n.d.	n.d.	25.77	n.d.	0.3	n.a.	85.90	n.a.
(E,E)-2,4-nonadienal	1218	1707	4.90b	60.16a	n.d.	0.01	490.00	6,016.00	n.a.
Esters									
ethyl hexanoate	999	1226	n.d.	n.d.	73.37	0.3	n.a.	n.a.	244.56
ethyl heptanoate	1098	1326	6.77a	n.d.	7.24a	2	3.39	n.a.	3.62
ethyl 2-methylbutyrate	849	n.d.	n.d.	n.d.	24.78	0.3	n.a.	n.a.	82.60
Ethers									
1,8-cineole	1037	1199	2.92a	5.78a	3.37a	3	<1	1.93	1.12
Phenols									
guaiacol	1096	1872	n.d.	4.96a	1.53b	3	n.a.	1.65	<1

NB. [1]Retention index (RI) were calculated from alkane standard (C_6-C_{30})

[2]Threshold value from Gemert (2003)

Different letters within a row (a-c) were significantly different ($p \leq 0.05$)

n.d.= not detected; n.a.= not available