การประเมินสารให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง
โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและจมูกอิเล็กทรอนิกส์

Evaluation of the odorants in durian CV. Monthong by GC-TOFMS and electronic nose

ชนิต ชนะปาลพันธุ์[1], พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี[1], อนุวัตร แจ้งชัด[1] และ สุมิตรา บุญบำรุง[2]

Chanit Chanapalpun[1], Pisit Dhamvithee[1], Anuvat Jangchud[1] and Sumitra Boonbumrung[2]

บทคัดย่อ

กลิ่นนับว่าเป็นดัชนีคุณภาพที่สำคัญประการหนึ่งของทุเรียน วิธีการประเมินคุณภาพของสารระเหยให้กลิ่นทุเรียนโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำให้ทราบชนิดและความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี การประเมินสารระเหยให้กลิ่นโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีทำให้ทราบปริมาณความเข้มข้นของสารระเหยแต่ละชนิดได้โดยตรง ในขณะที่การประเมินด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะต้องนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างตัวอย่างชุดเดียวกัน จึงมักมีการประยุกต์ใช้ทั้งสองวิธีการเพื่อบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างกัน ซึ่งจากการประเมินสารระเหยให้กลิ่นทุเรียนพบว่าเซ็นเซอร์ในกลุ่ม LY2/LG, LY2/G, LY2/gCTL, LY2/gCT, T70/2 และ PA/2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของกลิ่นทุเรียนโดยรวม ดังนั้นเซ็นเซอร์ในกลุ่มนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์กลิ่นของทุเรียนพันธุ์หมอนทองต่อไป

Abstract

The odor is regard as one major quality index of durian. The quality evaluation of durian volatile compound with GC-TOFMS and E-nose were presented of type and relationship between both methods. The evaluation of durian odorants by GC-TOFMS was directly method for detecting the concentration of each compound. However, E-nose was indirectly method for evaluate volatile compound owing to the instrument can indicate only differentiation of each set of sample. Therefore, the correlation was frequently applied to its relation. From the evaluation of durian volatile compound was presented high correlation between sensor data (LY2/LG, LY2/G, LY2/gCTL, LY2/gCT, T70/2 and PA/2) and relative concentration of total volatile compounds. Also, these sensors were appropriated for analyzing odor of durian CV. Monthong in further.

Keywords: Durian, E-nose, Volatiles compounds, GC-TOFMS

E-mail address: fagipsd@ku.ac.th

[1]ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry,Kasetsart University, 50 Pahol yothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

[2]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2]Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, 50 Pahol yothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

บทนำ

ทุเรียนได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ด้วยรสชาติที่หวานมัน เนื้อสัมผัสที่เนียนนุ่ม และรูปร่างที่แปลกประหลาดน่าดึงดูดใจ อีกทั้งทุเรียนยังมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ กลิ่นของทุเรียนจึงนับว่าเป็นดัชนีคุณภาพที่สำคัญ วิธีการประเมินคุณลักษณะที่สำคัญของกลิ่นทุเรียนจึงมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของทุเรียน ในการวัดค่าคุณภาพทางด้านกลิ่นสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การประเมินโดยใช้เครื่องมือ (Objective measurement) และการประเมินโดยใช้มนุษย์ (Subjective measurement) โดยทั่วไปวิธีการประเมินโดยใช้เครื่องมือจะใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography: GC) ซึ่งสามารถระบุถึงความเข้มข้นของสารระเหยให้กลิ่นแต่ละชนิด ส่วนการประเมินโดยใช้มนุษย์แทนเครื่องมือนั้นมักใช้วิธีประเมินทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) ซึ่งสามารถระบุถึงความเข้มของกลิ่นในแต่ละคุณลักษณะได้ อย่างไรก็ตามการประเมินสารให้กลิ่นโดยใช้เครื่องมือให้ผลที่เที่ยงตรงมากกว่าการประเมินโดยมนุษย์ แต่การประเมินโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟียังคงมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง, การเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก หรือการประเมินระดับของสารให้กลิ่นยังทำได้ไม่ดีเท่าจมูกมนุษย์ ดังนั้นการใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose: E-nose) จึงเป็นเครื่องมือที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อเลียนแบบการทำงานของระบบประสาทรับกลิ่นของมนุษย์โดยใช้เซ็นเซอร์วัดแรงต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างเพื่อระบุถึงปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยเซ็นเซอร์ภายในจมูกอิเล็กทรอนิกส์ประกอบมาจากวัสดุหลายประเภทซึ่งแต่ละประเภทจะมีความจำเพาะกับสารระเหยให้กลิ่น งานวิจัยที่ทำการประเมินสารให้กลิ่นทุเรียนมีค่อนข้างจำกัด (Baldry et al., 1972; Wong and Tie ., 1995; Naf and Velluz., 1996; Weenen et al., 1996; Jiang et al., 1998; Chin et al., 2007; Voon et al., 2007) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินสารให้กลิ่นจากทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (Moser et al., 1980; Laohakunjit et al., 2006; Trainoak et al., 2007; Zhang et al., 2007; Chawengkijwanich et al., 2008) อย่างไรก็ดีงานวิจัยเหล่านี้ยังขาดข้อมูลในการประเมินสารให้กลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของสารให้กลิ่นทีได้จากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี กับค่าสัญญาณเซ็นเซอร์ที่ได้จากเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งจะทำให้ทราบถึงชนิดของสารระเหยให้กลิ่นที่มีความจำเพาะกับเซ็นเซอร์แต่ละชนิด ซึ่งสามารถนำเซ็นเซอร์จากเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ไปใช้ในการทำนายคุณภาพของทุเรียนจากกลิ่นทุเรียนได้ต่อไป

วัตถุดิบและวิธีการ

1. วัตถุดิบ

ทุเรียนพันธุ์หมอนทองนำมาจากสวนทุเรียนในจังหวัดระยองในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 โดยใช้ทุเรียนที่มีความแก่-อ่อน ในระดับการค้าสำหรับการส่งออก โดยการคัดเลือกทุเรียนนั้นจะคัดเลือกจากระยะการสุกโดยวิธีวัดค่าน้ำหนักแห้ง (Dry matter) ของทุเรียน ซึ่งใช้หลักเกณฑ์น้ำหนักแห้งร้อยละ 30-35 % (w/w) ของเนื้อทุเรียนสด (Siriphanich and Jerapat., 2005) โดยการนำทุเรียนที่ไม่มีตำหนินำมาล้างทำความสะอาด ปลอกเปลือกเอาเฉพาะส่วนเนื้อทุเรียน แล้วนำเนื้อทุเรียนไปแช่ด้วยไนโตรเจนเหลว (Bangkok industrial gas) จนแข็งทั่วทั้งชิ้นเพื่อยับยั้งกระบวนการสุกซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่น จากนั้นนำเนื้อทุเรียนที่ผ่านการแช่ไนโตรเจนเหลวไปเก็บในห้องแช่แข็งอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

2. การวิเคราะห์สารให้กลิ่นทุเรียนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

การวิเคราะห์สารให้กลิ่นทุเรียนใช้ทุเรียนที่ผ่านการแช่แข็งจากขั้นตอนที่ 1 ผสมกับน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 15 กรัม จากนั้นเติมสารมาตรฐาน (Internal standard) ชนิด Thiophene ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร (เมทานอล) ปริมาณ 15 ไมโครกรัม การสกัดสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์หมอนทองใช้วิธี Solid Phase MicroExtraction (SPME) โดยใช้ ไฟเบอร์ชนิด DVB/CAR/PDMS (Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane) ที่มีความหนา 50/30 ไมโครเมตร ดูดซับสารระเหยบริเวณช่องว่างเหนือตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที ควบคุมอุณหภูมิขณะดูดซับสารให้กลิ่นโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไฟเบอร์ฉีดสารระเหยเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีสารจะถูกแยกด้วยแคปิลารีคอลัมน์ RTX-5 (Restek, Bellefonte, PA) ที่มีขนาดยาว 10 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.18 มิลลิเมตรและความหนาของฟิล์มที่เคลือบไฟเบอร์ 0.18 ไมโครเมตร สภาวะการแยกสารด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีใช้ตามวิธีการของ Chin et al. (2007) การบ่งบอกชนิดของสารระเหยโดยแมสสเปกโตรมิเตอร์ชนิด Time of flight (TOF) การระบุชนิดสารทำโดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ของสารระเหยแต่ละชนิดกับฐานข้อมูล Wiley 275 library คำนวณเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของสารนั้น ๆ กับสารมาตรฐานชนิด Thiophene ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วรายงานเป็นค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารชนิดนั้น ๆ ในทุเรียน (ไมโครกรัม/กิโลกรัม หรือ ppm)

3. การวิเคราะห์สารให้กลิ่นทุเรียนด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์

การวิเคราะห์ใช้ตัวอย่างเดียวกับการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีในข้อ 2 โดยสารให้กลิ่นทุเรียนได้รับการประเมินด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ยี่ห้อ FOX รุ่น 3000 (Alpha MOS, France) ภายในเครื่องมี 2 chamber คือ CL และ A ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์ประเภท Metal oxide semi-conductor (MOS) จำนวน 12 เซ็นเซอร์ ได้แก่ LY2/LG, LY2/G, LY2/AA, LY2/GH, LY2/gCTL, LY2/gCT, T30/1, P10/1, P10/2, P40/1,T70/2 และ PA/2 วิธีการประเมินเริ่มต้นด้วยการเก็บตัวอย่างสารให้กลิ่นโดยใช้วิธีดูดสารระเหยด้วยหลอดฉีดแก๊สสำหรับจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Gas tight syringe) ขนาด 5,000 มิลลิลิตร จากช่องว่างเหนือตัวอย่าง จากนั้นฉีดสารเข้าสู่ระบบภายในจมูกอิเล็กทรอนิกส์ อุณหภูมิที่ใช้ภายในระบบเป็น 65 °C ใช้อากาศเป็นตัวพาตัวอย่างเข้าสู่ส่วนที่มีเซ็นเซอร์ด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 150 มิลลิลิตรต่อนาที

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองมีการทำซ้ำ 3 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสัมพัทธ์ (µg/g) กับค่าสัญญาณเซ็นเซอร์ของสารระเหยให้กลิ่นทุเรียนเพื่อระบุความสัมพันธ์ของ 1) สารระเหยให้กลิ่นแต่ละชนิดกับเซ็นเซอร์จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ 2) กลุ่มของสารให้กลิ่น (เกิดจากการรวมความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารให้กลิ่นตามหมู่ฟังก์ชั่นทางเคมี) กับเซ็นเซอร์จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ โดยการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นด้วยวิธีของ Pearson correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นทุเรียนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

จาก Table 1 เป็นการระบุปริมาณความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารระเหยแต่ละชนิดของกลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งประเมินจากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของสารระเหยแต่ละชนิดกับพื้นที่

Table 1 Relative concentration of durian CV. Monthong volatile compounds using GC-TOFMS

No.	RI[a]	Volatile compounds	Relative concentration[b] (ppm; µg/g)	References[c]
1	660.45	Acetaldehyde	19.55 ± 0.96	c3,c5
2	693.57	Propanal	3.92 ± 0.49	c1
3	698.39	Ethanethiol	19.33 ± 1.80	c1,c2,c3,c5
4	725.93	2,3-Butanedione	0.07 ± 0.01	c2
5	737.86	1-Propanethiol	0.76 ± 0.08	c1,c2,c5
6	739.78	Ethyl acetate	24.02 ± 6.72	c1,c2,c3,c4,c5
7	750.75	Methyl propionate	15.15 ± 0.78	c1,c2,c5
8	813.50	3-Hydroxy-2-butanone	18.51 ± 0.91	c4
9	815.48	Ethyl propanoate	242.10 ± 10.78	c1,c2,c3,c4,c5
10	823.85	Methyl butanoate	11.10 ± 1.11	c1
11	830.50	3-Methyl-1-butanol	2.36 ± 0.17	c2,c4
12	848.84	Ethyl 2-methyl propanoate	7.54 ± 2.11	c1,c2,c3,c4,c5
13	859.80	Methyl 2-methyl butanoate	2.79 ± 0.28	c1,c2,c3,c4,c5
14	873.49	Ethyl butanoate	33.50 ± 8.92	c1,c2,c3,c4,c5
15	878.47	Propyl propanoate	24.59 ± 6.89	c1,c2,c3,c5
16	899.14	Ethyl 2-methyl butanoate	23.57 ± 5.71	c1,c3,c4,c5
17	901.35	Propyl 2-methyl propanoate	0.57 ± 0.15	c1
18	913.10	Propyl butanoate	1.36 ± 0.38	c1,c4
19	919.94	Diethyl disulfide	1.30 ± 0.35	c1,c2,c3,c4,c5
20	925.14	Propyl 2-methyl butanoate	9.40 ± 2.30	c1,c2,c5
21	936.76	Ethyl hexanoate	13.78 ± 1.38	c4,c5
22	966.33	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane	0.43 ± 0.12	c1,c2,c3
23	972.29	Ethyl octanoate	7.22 ± 0.72	c4

[a] Retention indices (RI) were calculated from GC-TOFMS results on a RTX-5 column

[b]Mean ± standard deviation of relative concentration determined by SPME/GC-TOFMS

[c] Durian CV. Monthong volatile compounds were detected by [c1]Moser et al. (1980); [c2]Laohakunjit et al. (2006); [c3]Trainoak et al. (2007); [c4]Zhang et al. (2007); [c5]Chawengkijwanich et al. (2008)

ใต้พีคของสารมาตรฐานชนิด Thiophene ซึ่งทราบความเข้มข้นเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารระเหย ผลการประเมินกลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองพบว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีสารระเหยในกลุ่มเอสเทอร์, ซัลเฟอร์, คีโตน, อะซีตัลดีไฮด์ และแอลกอฮอล์ โดยสารระเหยชนิดหลักที่พบเป็นกลุ่มเอสเทอร์ ชนิดที่พบปริมาณมากในทุเรียนพันธุ์หมอนทองคือ Ethyl propanoate, ethyl butanoate, propyl propanoate, ethyl acetate และ ethyl 2-methyl butanoate ตามลำดับ ซึ่งเป็นสารระเหยพบตรงกันกับรายงานจากงานวิจัยก่อนหน้า (Moser et al., 1980; Laohakunjit et al., 2006; Trainoak et al., 2007; Zhang et al., 2007; Chawengkijwanich et al., 2008)

2. ผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นทุเรียนด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์

การวิเคราะห์สารให้กลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะแสดงค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์ในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานศักย์ไฟฟ้าสัมพัทธ์ โดยแสดงค่า Delta R/R_0หรือ $(R-R_0)/R_0$ เทียบกับเวลา ซึ่งค่า R_0เป็นความต้านทานศักย์ไฟฟ้า (หน่วยเป็นกิโลโอห์ม) ณ เวลาเท่ากับ 0 ส่วนค่า R เป็นความต้านทานศักย์ไฟฟ้า ณ เวลาใด ๆ และงานวิจัยโดยส่วนใหญ่นิยมใช้ค่าสัญญาณเซ็นเซอร์ที่มีค่าสูงสุด (Maximum) ในการประมวลผล

จาก Figure 1 สารให้กลิ่นที่เกิดขึ้นจากทุเรียนพันธุ์หมอนทอง สามารถจำแนกตามค่าสัญญาณเซ็นเซอร์ (Sensor response) ได้เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรก คือ กลุ่มที่มีค่าสัญญาณเซ็นเซอร์เป็นบวก (+) ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์กลุ่มที่มีค่าสัญญาณเซ็นเซอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้กลิ่น ส่วนอีกกลุ่มเป็นกลุ่มที่มีค่าสัญญาณเซ็นเซอร์เป็นลบ (-) ซึ่งมีความหมายในทางตรงกันข้ามคือ ค่าสัญญาณเซ็นเซอร์จะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้กลิ่น

กลิ่นของทุเรียนเกิดจากสารให้กลิ่นจำนวนหลายสาร การประเมินสารให้กลิ่นโดยจมูกอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ทราบถึงปริมาณของสารให้กลิ่นโดยรวมที่มีความจำเพาะในแต่ละเซ็นเซอร์ (Figure 1) ส่วนการประเมินโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีสามารถทราบถึงปริมาณของสารแต่ละชนิด (Table 1) ได้ ดังนั้นหากเชื่อมโยงข้อมูลจากทั้งสองเครื่องนี้จะทำให้ถึงทราบความสัมพันธ์ของสารให้กลิ่นกับเซ็นเซอร์ได้ ด้วยเหตุนี้การหาความสัมพันธ์จึงทำให้เซ็นเซอร์แต่ละชนิดสามารถระบุความจำเพาะของเซ็นเซอร์ต่อสารให้กลิ่นแต่ละชนิดได้

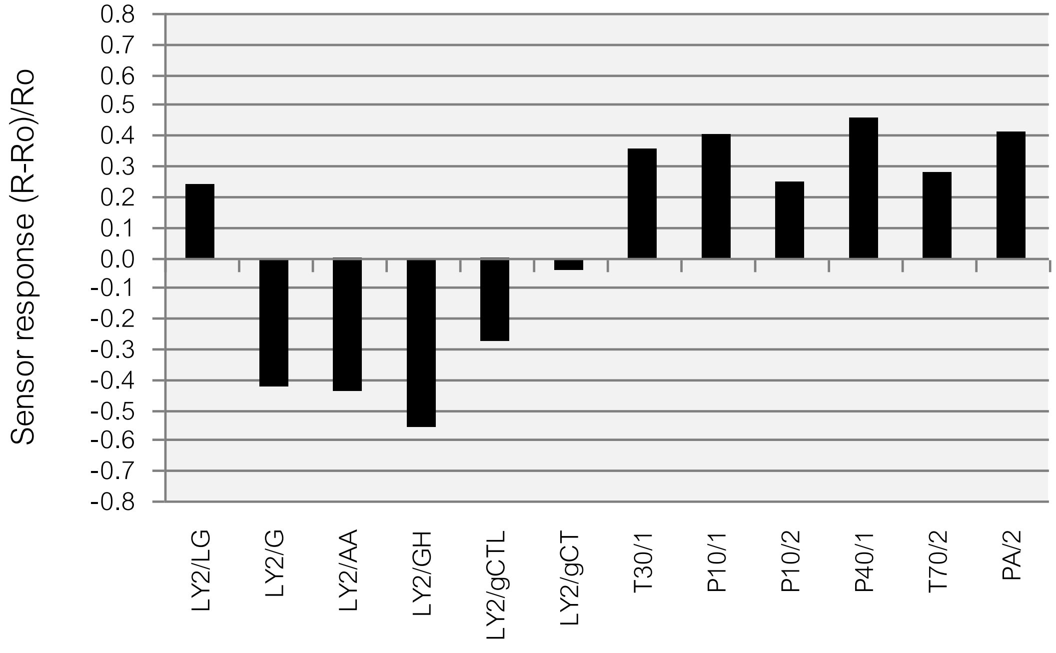

Figure 1 Maximum sensor response data of durian CV. Monthong odorants

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟีและจมูกอิเล็กทรอนิกส์ในการประเมินสารระเหยให้กลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

Table 2 Correlation between relative concentration from GC-TOFMS and sensor data from E-nose

Volatile compounds	LY2/LG	LY2/G	LY2/AA	LY2/GH	LY2/gCTL	LY2/gCT	T30/1	P10/1	P10/2	P40/1	T70/2	PA/2
Acetaldehyde	0.29	0.78	**-0.98**	**0.98**	0.22	0.66	0.60	**0.82**	0.79	0.62	0.21	-0.08
Propanal	0.34	**0.81**	**-0.97**	**0.99**	0.27	0.70	0.56	0.79	0.76	0.58	0.16	-0.13
Ethanethiol	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
2,3-Butanedione	-0.08	-0.62	**1.00**	**-0.92**	-0.01	-0.48	-0.76	**-0.93**	**-0.91**	-0.78	-0.42	-0.14
1-Propanethiol	**0.92**	0.55	0.31	0.08	**0.95**	0.68	**-0.85**	-0.65	-0.69	**-0.84**	**-0.99**	**-0.98**
Ethyl acetate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	-0.79	**-0.93**
Methyl propionate	**-0.98**	**-0.92**	0.28	-0.63	**-0.96**	**-0.98**	0.41	0.11	0.16	0.39	0.76	**0.91**
3-Hydroxy-2-butanone	-0.34	**-0.81**	**0.97**	**-0.99**	-0.27	-0.70	-0.56	-0.79	-0.76	-0.58	-0.16	0.13
Ethyl propanoate	**0.98**	0.71	0.10	0.29	**0.99**	**0.82**	-0.72	-0.47	-0.52	-0.71	**-0.95**	**-1.00**
Methyl butanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
3-Methyl-1-butanol	0.77	**0.99**	-0.70	**0.92**	0.72	**0.96**	0.07	0.38	0.33	0.10	-0.36	-0.61
Ethyl 2-methyl propanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
Methyl 2-methyl butanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
Ethyl butanoate	**1.00**	**0.85**	-0.13	0.50	**0.99**	**0.93**	-0.55	-0.26	-0.31	-0.53	**-0.85**	**-0.97**
Propyl propanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
Ethyl 2-methyl butanoate	**0.99**	0.73	0.08	0.31	**1.00**	**0.83**	-0.71	-0.45	-0.50	-0.69	**-0.94**	**-1.00**
Propyl 2-methyl propanoate	**1.00**	**0.81**	-0.05	0.43	**1.00**	**0.90**	-0.61	-0.33	-0.38	-0.59	**-0.89**	**-0.98**
Propyl butanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
Diethyl disulfide	**0.99**	0.77	0.02	0.36	**1.00**	**0.86**	-0.67	-0.40	-0.45	-0.65	**-0.92**	**-0.99**
Propyl 2-methyl butanoate	**0.97**	0.67	0.16	0.23	**0.99**	0.79	-0.76	-0.52	-0.57	-0.75	**-0.97**	**-1.00**
Ethyl hexanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane	**1.00**	**0.83**	-0.09	0.46	**1.00**	**0.91**	-0.59	-0.30	-0.35	-0.56	**-0.87**	**-0.98**
Ethyl octanoate	**0.99**	**0.90**	-0.23	0.58	**0.98**	**0.96**	-0.46	-0.16	-0.21	-0.44	**-0.80**	**-0.94**
Total acetaldehyde	0.31	0.79	**-0.97**	**0.99**	0.24	0.67	0.59	**0.81**	0.78	0.61	0.19	-0.10
Total alcohol	0.77	**0.99**	-0.70	**0.92**	0.72	**0.96**	0.07	0.38	0.33	0.10	-0.36	-0.61
Total ketone	-0.34	**-0.81**	**0.97**	**-0.99**	-0.27	-0.70	-0.56	-0.79	-0.76	-0.58	-0.16	0.13
Total ester	**1.00**	**0.82**	-0.08	0.45	**1.00**	**0.91**	-0.59	-0.31	-0.36	-0.57	**-0.88**	**-0.98**
Total sulfur	**1.00**	**0.87**	-0.17	0.53	**0.99**	**0.94**	-0.52	-0.22	-0.28	-0.50	**-0.83**	**-0.96**
Total compounds	**1.00**	**0.83**	-0.09	0.47	**1.00**	**0.92**	-0.58	-0.29	-0.34	-0.56	**-0.87**	**-0.97**

Absolute Pearson correlation $\geq |0.80|$ are marked in bold.

จากการประเมินสารระเหยให้กลิ่นโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีทำให้ทราบค่าปริมาณความเข้มข้นของสารระเหยแต่ละชนิดได้โดยตรงส่วนการประเมินโดยใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะต้องนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างตัวอย่างหรือเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น การนำจมูกอิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์ใช้จึงต้องทราบความสัมพันธ์ของทั้งสองวิธีระหว่างความเข้มข้นสัมพัทธ์จากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและค่าสัญญาณเซ็นเซอร์จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์

จาก Table 2 แสดงให้เห็นถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งประเมินด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีกับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่ได้รับจากเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณของสารให้กลิ่นทุเรียนโดยรวมมีความสัมพันธ์สูงกับเซ็นเซอร์ LY2/LG, LY2/G, LY2/gCTL, LY2/gCT, T70/2และ PA/2 และเซ็นเซอร์เหล่านี้ยังมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกับสารในกลุ่มเอสเทอร์และซัลเฟอร์เช่นเดียวกัน ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baldry et al. (1972) ซึ่งระบุว่าคุณลักษณะสารให้กลิ่นที่สำคัญของทุเรียนประกอบไปด้วยสารกลุ่มเอสเทอร์และซัลเฟอร์ ดังนั้นเซ็นเซอร์กลุ่มนี้จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์กลิ่นของทุเรียนได้ สำหรับสารในกลุ่มอื่น ๆ นั้นมีความสัมพันธ์ดังนี้ สารในกลุ่มอะซีตัลดีไฮด์มีความสัมพันธ์กับเซ็นเซอร์ LY2/AA, LY2/GH และ P10/1 สารในกลุ่มแอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับเซ็นเซอร์ LY2/G, LY2/GH และ LY2/gCT ส่วนสารในกลุ่มคีโตนมีความสัมพันธ์กับเซ็นเซอร์ LY2/G, LY2/AA และ LY2/GH โดยความสัมพันธ์เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและควบคุมคุณภาพทุเรียนได้ อาทิเช่น การระบุดัชนีคุณภาพของทุเรียน หรือใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบระยะการเก็บเกี่ยวของทุเรียนที่เหมาะสมสำหรับการส่งออกได้อย่างแม่นยำต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การประเมินสารระเหยให้กลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีพบว่ากลิ่นของทุเรียนพันธุ์หมอนทองประกอบไปด้วยสารระเหยในกลุ่มเอสเทอร์, ซัลเฟอร์, คีโตน, อะซีตัลดีไฮด์ และแอลกอฮอล์ โดยมีสารระเหยจำพวกเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งสารระเหยที่พบปริมาณมาก คือ Ethyl propanoate, ethyl butanoate, propyl propanoate, ethyl acetate และ ethyl 2-methyl butanoate ตามลำดับ ส่วนการประเมินสารระเหยให้กลิ่นทุเรียนโดยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์นั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการประเมินจากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีพบว่าค่าสัญญาณเซ็นเซอร์มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ของปริมาณสารให้กลิ่นทุเรียนโดยรวม ซึ่งประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ LY2/LG, LY2/G, LY2/gCTL, LY2/gCT, T70/2 และ PA/2 เซ็นเซอร์ในกลุ่มนี้จึงมีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในการทำนายคุณภาพของกลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (The Postharvest Technology Innovation Center (PHT-ADB)) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Baldry, J., J. Dougan and G.E. Howard. 1972. Volatile flavouring constituents of durian. **Phytochem.** 11, 2081–2084.

Chawengkijwanich, C., K. Sa-nguanpuag and K. Tanprasert. 2008. Monitoring volatile compounds emitted by durian pulp (Durio Zibethinus Murr.) at Mature and ripe stage using solid phase microextraction (SPME). **Acta Hort.** 804: 321-326.

Chin, S.T., S.A.H. Nazimah, S.Y. Quek, Y.B. Cheman, R.A. Rahman and D. Mat Hashim. 2007. Analysis of volatile compounds from Malaysian durians (Duriozibethinus) using headspace SPME coupled to fast GC-MS. **J. Food Compost. Anal.** 20: 31-44.

Jiang, J., S.Y. Choo., N. Omar and N. Ahamad. 1998. GC-MS analysis of volatile compounds in durian (*Durio zibethinus* Murr.). **Dev. Food Sci**. 40: 345-352.

Laohakunjit, N., O. Kerdchoechuen., F.B. Matta., J. L. Silva., and W.E. Holmes. 2006. Postharvest survey of volatile compound in five tropical fruits using headspace-solid phase microextraction (HS-SPME). **Hort. Sci.** 42: 309-314.

Moser, R., D. Duvel and R. Greve. 1980. Volatile constituents and fatty acid composition of lipids in Duriozibethinus. **Phytochem.** 19, 79–81.

Naf, R. and A. Velluz. 1996. Sulphur compounds and some uncommon esters in durian (Durio zibethinus Murr). **Flavour Fragr. J.** 11, 295–303.

Siriphanich J. and S. Jerapat. 2005. Use of dry matter as maturity index in Kradum durians (DurioZibethinusMurr.) Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production **FRUTIC 05**, 12 . 16 September 2005, Montpellier France.

Trainoak U., Plainsirichai, M., Srisaad, K., Mung-Ngam A. and Chottanoam, P. 2007. Study on aroma conponents of durian (Durio zibethinus Murr.) CV. Monthong using GC-MS. **Agri. Sci. J.** 38(5): 52-54.

Voon, Y.Y., N.S.A. Hamid, G. Rusul, A. Osman and S.Y. Quek. 2007. Characterisation of Malaysian durian (Durio zibethinus Murr.) cultivars: Relationship of physicochemical and flavour properties with sensory properties. **Food Chem**. 103: 1217-1227.

Weenen, H., W.E. Koolhaas and A. Apriyantoo. 1996. Sulphur containing volatiles of durian fruits (Durio zibethinus Murr.). **J. Agri. Food Chem.** 44, 3291–3293.

Wong, K.C and D.Y. Tie. 1995. Volatile constituents of durian (*Durio zibethinus* Murr.). **Flavour Frag. J.** 10, 79–83.

Zhang, Z., D. Zeng and G. Li. 2007. The study of the aroma profile characteristics of durian pulp during storage by the combination sampling method coupled with GC-MS. **Flavour Fragr. J.** 22: 71-77.