Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 356-359 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 356-359 (2562)

จมูกอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจำแนกกลิ่นหืนในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Electronic Nose for Classification of Rancid Odor in Brown rice cv. Khao Dawk Mali 105

ณัฐวุฒิ เนียมสอน[1,2] วิบูลย์ ช่างเรือ[1,2] พงษ์ประพันธ์ กันทะแก้ว[1,2] และพจมาน พรหมงาม[1,2]

Natawut Neamsorn[1,2], Viboon Changrue[1,2], Phongprapan Kantakaew[1,2] and Potjaman Promngam[1,2]

Abstract

This research aimed to design and invent an electronic nose for classification of rancid odor in Khao Dawk Mali 105 (KDML 105) . The designed electronic nose was consisted of conveyer, sensors and data processing. There were 7 types of gas sensors. The responsible signal on normal and rancid brown rice cv. KDML 105 were recorded. Principle component analysis (PCA), was used to visualize the data the electrical signal was clearly separated between rancid and normal brown rice cv. KDML 105. Therefore, it was possible to use the electronic nose in the classification of rancid brown rice cv. KDML 105.

Keywords: electronic nose, brown rice cv. Khao Dawk Mali 105, rancid odor

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างจมูกอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการจำแนกกลิ่นหืนในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นประกอบด้วย ชุดลำเลียงตัวอย่างกลิ่น, ชุดกลุ่มเซ็นเซอร์ และชุดประมวลผล โดยกลุ่มเซ็นเซอร์ประกอบด้วยแก๊สเซ็นเซอร์จำนวน 7 ตัว จากการทดลองวัดการตอบสนองของกลิ่นหืนของตัวอย่างข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นและนำค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกลุ่มแก๊สเซ็นเซอร์ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค principle component analysis (PCA) พบว่า สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ของข้าวที่มีกลิ่นหืนและไม่มีกลิ่นหืน สามารถแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นในการใช้จำแนกกลิ่นหืนในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้

คำสำคัญ: จมูกอิเล็กทรอนิกส์, ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105, กลิ่นหืน

คำนำ

ปัจจุบันความนิยมในการบริโภคข้าวกล้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากการมีน้ำมันอยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด (aleurone layer) ข้าวกล้อง ทำให้ข้าวกล้องเกิดกลิ่นหืนเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งการตรวจสอบโดยวิธีปกติค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลาทำให้เกิดการสูญเสียด้านคุณภาพ ดังนั้นหากมีการตรวจวัดได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น จะสามารถป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้ใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (electronic nose) เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดกลิ่นหืนในข้าวกล้อง ซึ่งจมูกอิเล็กทรอนิกส์เป็นเซ็นเซอร์ที่เลียนแบบการรับรู้กลิ่นของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยการรับรู้กลิ่นที่เกิดขึ้นเมื่อมีอากาศพากลิ่นเข้ามาในโพรงจมูก กลุ่มของเซลล์รับกลิ่น (odorant receptor) จะตอบสนองต่อกลิ่นต่าง ๆ กันไป อันเนื่องมาจากชนิดของโปรตีนที่อยู่ในผนังเซลล์รับกลิ่นที่แตกต่างกัน ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ระดับต่างกันนี้ไปยังสมอง จากนั้นสมองจะจำแนกและเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้รับ จากนั้นจึงจะจำกลิ่นโดยเปรียบเทียบกับกลิ่นที่เคยได้รับมาก่อนหน้า (Pearce *et al*., 2003) การทำงานของจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะเลียนแบบการทำงานของจมูกมนุษย์ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ชุดลำเลียงตัวอย่างกลิ่น ชุดกลุ่มเซ็นเซอร์ และชุดประมวลผล การทำงานของจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะอยู่บนพื้นฐานที่ว่าเซ็นเซอร์แต่ละชนิดจะมีการตอบสนองทางไฟฟ้าต่อสารระเหยในอากาศต่างกัน ดังนั้นหากใช้แก๊สเซ็นเซอร์หลายชนิด จะสามารถวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเซ็นเซอร์แต่ละชนิดกับกลิ่นแต่ละประเภท และรู้จำกลิ่นแต่ละประเภทได้จากความสัมพันธ์นี้ งานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างจมูกอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้จำแนกกลิ่นหืนในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

[1]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ, 10400

[1]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok, 10400

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 239 Huaykaew Road., Muang District, Chiang Mai, Thailand 50200

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างกลิ่นจากข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ตัวอย่างที่ใช้คือข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีจำหน่ายในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 กิโลกรัม มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก นำตัวอย่างข้าวแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน โดยส่วนที่ 1 บรรจุภาชนะปิดสนิทและทึบแสงเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส (ไม่มีกลิ่นหืน) และส่วนที่ 2 บรรจุในภาชนะเปิดเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องทิ้งไว้เพื่อให้สัมผัสกับอากาศ ความชื้น และแสงแดด จนเกิดกลิ่นหืน จากนั้นนำข้าวกล้องทั้งส่วนที่มีกลิ่นหืน และไม่มีกลิ่นหืนมาแบ่งบรรจุลงในขวดแก้วมีฝาปิด ขนาด 250 มิลลิลิตร ขวดละ 50 กรัม จำนวน 40 ขวด และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาทีแล้วจึงนำไปทดสอบกับจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

2. การศึกษาผลการตอบสนองของแก๊สเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ชุดการทดลองนำมาใช้ในการหาผลการตอบสนองของสัญญาณจากกลุ่มแก๊สเซ็นเซอร์ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 2 กลุ่ม คือ MQ3, MQ7, MQ8 (HANWEI Ltd., China) และ TGS822, TGS2600, TGS2610 และ TGS2620 (Figaro Eng., Japan) (Figure 1) แก๊สเซ็นเซอร์แต่ละตัวมีความสามารถเฉพาะในการตรวจวัดกลิ่นที่แตกต่างกัน ถูกจัดวางอยู่ในกลุ่มแผงลำดับเซ็นเซอร์ (sensor array) ซึ่งแก๊สที่อยู่ในขวดแก้วจะเคลื่อนที่ไปยังแผงลำดับเซ็นเซอร์ โดยใช้ปั๊มพ์อากาศขนาดเล็ก (micro pump) ควบคุมอัตราไหลด้วย flow controller ให้มีอัตราการไหล 0.4 ลิตรต่อนาที การบังคับทิศทางการไหลใช้โซลินอยด์วาล์ว จำนวน 3 ตัว ควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ส่วนการทำงานเมื่อเปิดวาล์ว 2 จะนำแก๊สพาหะไปทำความสะอาดชุดแก๊สเซ็นเซอร์ ใช้เวลา 30 วินาทีและเมื่อเปิดวาล์ว 1 และวาล์ว 3 จะเป็นการนำแก๊สพาหะพาแก๊สของตัวอย่างไหลไปยังชุดเซ็นเซอร์ ใช้เวลา 60 วินาที โดยการอ่านค่าและบันทึกผลสัญญาณจากแก๊สเซ็นเซอร์โดยใช้ NI USB-6009 แปลงสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Labview2017 การทดลองเก็บข้อมูลในข้าวกล้องที่มีกลิ่นหืน และไม่มีกลิ่นหืน ทำอย่างละ 200 ซ้ำ

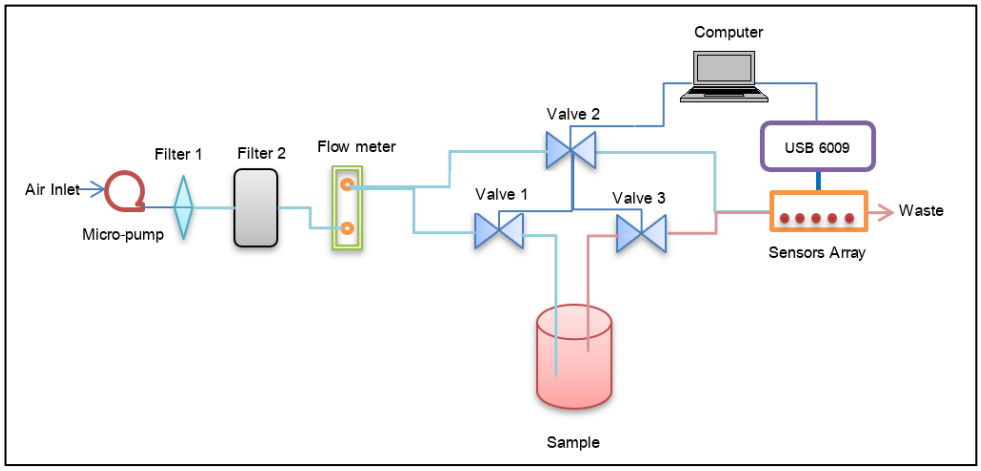


Figure 1 Electronic nose and control system

3. การประเมินผลการทดสอบระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

ข้อมูลจากการทดสอบของข้าวที่มีกลิ่นหืน และไม่มีกลิ่นหืนถูกนำมาสร้างพารามิเตอร์ 3 ค่า ได้แก่

1) ค่าผลต่างความต่างศักย์ของสัญญาณเมื่อเทียบกับค่าฐานของแต่ละเซ็นเซอร์ (DV)
2) ค่าความชันของเส้นสัญญาณที่เกิดขึ้น (S)
3) ค่าพื้นที่ใต้กราฟของเส้นสัญญาณ (A)

จากนั้นพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาความเป็นไปได้ในการจำแนกกลิ่นด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis, PCA)

ผล

1. ผลการตอบสนองของแก๊สเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

จากการทดสอบผลการตอบสนองต่อกลิ่นในข้าวกล้องที่มีกลิ่นหืน และไม่มีกลิ่นหืน โดยใช้แก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 7 ตัว ประกอบไปด้วย MQ 3, MQ 7, MQ 8, TGS 2600, TGS 2611, TGS 2620 และ TGS 822 มีผลการตอบสนองของแก๊สเซ็นเซอร์ในรูปแบบข้อมูลสัญญาณที่ได้มีค่าที่แตกต่างกัน ตัวอย่างรูปแบบสัญญาณแสดงใน Figure 2 เมื่อเริ่มการทดสอบสัญญาณจะมีการเพิ่มสูงขึ้นจากตำแหน่งฐานอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการวัด และความชันของเส้นสัญญาณจะมีค่าลดลงในช่วงท้ายของการวัด หลังจาก 60 วินาที เส้นสัญญาณที่ได้จะค่อนข้างคงที่ เมื่อเปรียบเทียบเส้นสัญญาณจากการวัดข้าวที่มีกลิ่นหืน (off-odor) และไม่มีกลิ่นหืน (normal) พบว่าค่าความต่างศักย์ของสัญญาณจากข้าวที่มีกลิ่นหืนสูงกว่าข้าวที่ไม่มีกลิ่นหืนตลอดช่วงการวัด ข้อมูลสัญญาณที่ได้จากแก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 7 ตัว นำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

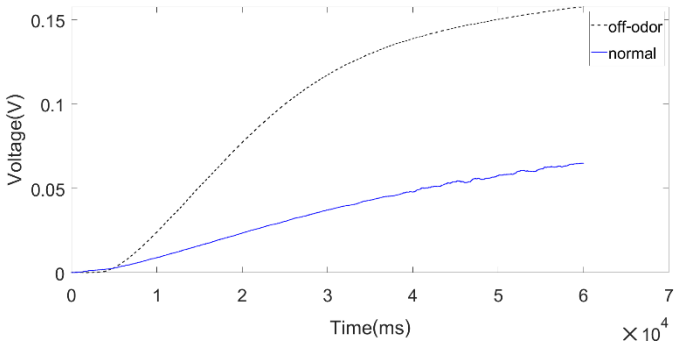
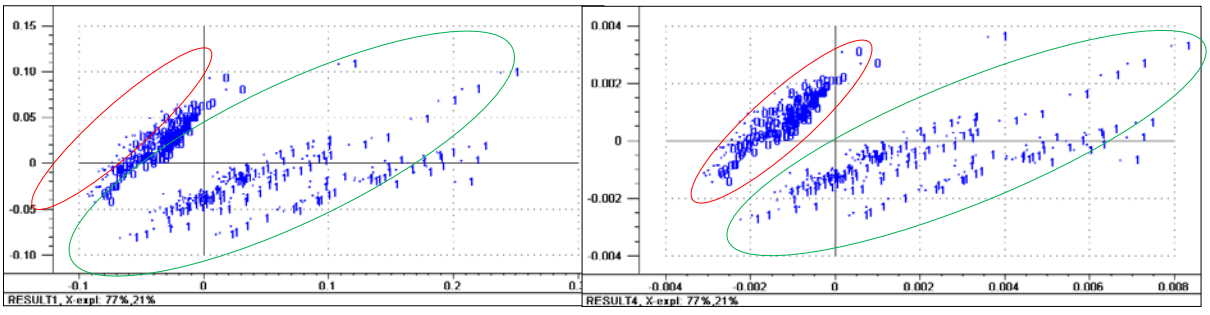


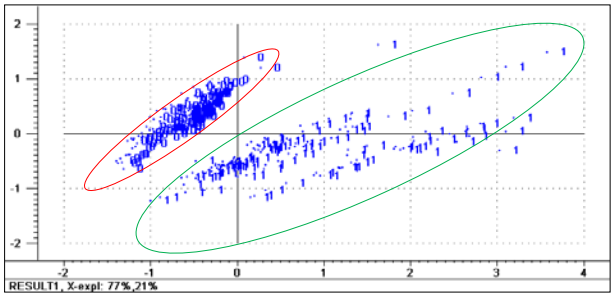
Figure 2 TGS2620 gas sensor detected signal of off-odor and normal brown rice cv. KDML 105

2. ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี PCA เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้าวที่มีกลิ่นหืน [1] และไม่มีกลิ่นหืน [0] กับพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ได้แก่ DV, S และ A จากกลุ่มเซ็นเซอร์ทั้ง 7 ตัว เมื่อนำค่าองค์ประกอบหลัก 2 ค่า แรกของตัวอย่างมาสร้างกราฟสองมิติจะได้ผลดังแสดงใน Figure 3 ซึ่งถ้าตัวอย่างข้าวมีกลิ่นแตกต่างกันก็จะเป็นกลุ่มแยกออกจากกัน ซึ่งผลที่ได้พบว่า ทั้ง 3 พารามิเตอร์มีค่า PC1 และ PC2 รวมกันมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มของข้าวที่มีกลิ่นหืน และไม่มีกลิ่นหืนแยกออกจากกันอย่างชัดเจน



(a) (b)



(c)

Figure 3 Principal component analysis (PCA) of (a) DV, (b) S and (c) A

วิจารณ์ผล

ระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้จำแนกกลิ่นหืนและไม่หืนของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากสัญญาณความต่างศักย์ทางไฟฟ้าที่ได้รับจากแก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 7 ตัว ระหว่างข้าวกล้องที่มีกลิ่นหืน และไม่มีกลิ่นหืนมีความแตกต่างกัน โดยสัญญาณที่ได้จากการวัดข้าวที่มีกลิ่นหืนจะมีค่าความต่างศักย์สูงกว่าข้าวกล้องที่ไม่มีกลิ่นหืนทั้งหมด เนื่องจากเมื่อแก๊สเซ็นเซอร์สัมผัสกับกลิ่นหืนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเซ็นเซอร์ กล่าวคือความต้านทานไฟฟ้าจะลดลง ทำให้ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้เพิ่มขึ้น (อนุพันธ์,2558) ซึ่งการตอบสนองของเซ็นเซอร์ดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนรูปและส่งเป็นสัญญาณไปยังอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล สำหรับแก๊สเซ็นเซอร์ที่มีค่าพารามิเตอร์แตกต่างกันระหว่างค่าจากข้าวที่มีกลิ่นและข้าวที่ไม่มีกลิ่นหืนสูง เช่น MQ3 TGS2600 และ TGS2620 จะเป็นกลุ่มเซ็นเซอร์ที่มีความไวต่อสารประกอบประเภท Alcohol, H_2 และ CO เป็นหลัก และเนื่องจากกลิ่นหืนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 มีองค์ประกอบสำคัญเป็นสารในกลุ่มแอลกอฮอลล์ คือ *n*-Hexanol และ Heptanol (Wongpornchai, 2004) ดังนั้นกลุ่มเซ็นเซอร์ดังกล่าวข้างต้นจึงตอบสนองกับกลิ่นหืนของข้าวกล้องได้ดี ส่วนแก๊สเซ็นเซอร์อื่นแม้จะมีการตอบสนองต่อกลิ่นหืนน้อยกว่าแก๊สเซ็นเซอร์ข้างต้น แต่สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการจำแนกของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นได้

สรุป

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นมีการตอบสนองต่อกลิ่นหืนในรูปแบบสัญญาณความต่างศักย์จากแก๊สเซ็นเซอร์แต่ละชนิดแตกต่างกัน และมีระดับการตอบสนองที่แตกต่างกัน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นไปใช้จำแนกกลิ่นหืนในข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. ร่วมกับศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

อนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล. 2558. เทคนิคทางวิศวกรรมแบบไม่ทำลายสำหรับผลผลิตเกษตร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.

T.C. Pearce, S. S. Schiffman, H. T. Nagle and J. W. Gardner. 2003. Handbook of Machine Olfaction: Electronic Nose Technology. Wiley-VCH, Weinheim. 42 p.

Wongpornchai, S. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa L.*) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chemistry 87(3): 407-414.