

การตรวจวัดสมบัติเชิงกลิ่นของข้าวสังข์หยดพัทลุงโดยจมูกอิเล็กทรอนิกส์

The Aroma Properties Measurements of the Sangyod Rice of Phattalung by The Machine Olfaction

รังสิตา หาญพันธุ์¹, จิตรา จันโศด², เปื้อง สุวรรณมณี², ชัชวาล วงศ์ชูสุข³ และอนรรักษ์ อุดมเวช^{4*}

Rangsita Hanphan¹, Jittra Jansord², Plueng Suwanmanee², Chatchawal Wongchoosuk³

and Anurak Udomvech^{4*}

บทคัดย่อ

ข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นสินค้าที่โดดเด่นได้มีการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ แต่คุณภาพความเป็นข้าวอินทรีย์จากกระบวนการปลูกและผลจากความจำเพาะเชิงพื้นที่ของจังหวัดพัทลุงยังเป็นคำถามในเชิงวิทยาศาสตร์ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาลักษณะกลิ่นของข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ขึ้นกับกระบวนการปลูกโดยรวมและความจำเพาะเชิงพื้นที่ของจังหวัดพัทลุงโดยใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) ซึ่งศึกษาในสามรูปแบบคือ 1) การเพาะปลูกในพื้นที่เดียวกันแต่มีกระบวนการปลูกแบบอินทรีย์และแบบใช้สารเคมี 2) การเพาะปลูกในพื้นที่ต่างกันแต่มีวิธีการปลูกแบบอินทรีย์เหมือนกันและ 3) การเพาะปลูกในพื้นที่ที่ต่างกันและใช้วิธีการปลูกแบบอินทรีย์ที่ต่างกัน พบว่าทั้งสามรูปแบบให้แผนที่กลิ่นแยกออกจากกันชัดเจนและจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถจำแนกความแตกต่างข้าวสังข์หยดจากวิธีการเพาะปลูกได้ และได้พบว่าข้าวสังข์หยดที่ปลูกในแบบที่สองให้แผนที่กลิ่นแตกต่างกันเช่นเดียวกับรูปแบบที่สาม เป็นการชี้ให้เห็นถึงผลกระทบเชิงพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกที่มีต่อไอระเหยจากข้าวสังข์หยดที่ค่อนข้างสูง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีในข้าวสังข์หยดมีความสัมพันธ์กับพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกแม้อยู่ในจังหวัดเดียวกัน แต่ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ดังกล่าวซึ่งส่งผลกระทบต่อมีนัยยะสำคัญต่อไอระเหยจะได้ทำการวิจัยเชิงลึกที่สามารถนำไปใช้ควบคุมคุณภาพของข้าวสังข์หยดต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวอินทรีย์ ข้าวเคมี จมูกอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์

¹ นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ ในความร่วมมือของคณะวิทยาศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² นักวิจัย และ อ.ดร., สถาบันปฏิบัติการชุมชนเพื่อการศึกษาแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ ผศ.ดร., Laboratory for Multiscale Innovative Technologies (LMIT) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁴ อ.ดร., Research Laboratory for Intelligent Materials Design, Discovery, and Developments (RLIMD³) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ BS.C. Student, Science-Physics Program, in Associated between Faculty of Education and Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla 90000

² Researcher & Lecturer Dr., Institute of Community Operation for Integrated Studies (ICOFIS), Thaksin University, Songkhla, 90000

³ Asst. Prof. Dr., Laboratory for Multiscale Innovative Technologies (LMIT), Department of Physics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900

⁴ Lecturer, Dr., Research Laboratory for Intelligent Materials Design, Discovery, and Developments (RLIMD³), Department of Educational Science, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding author: E-mail address: nufermi2@gmail.com

Abstract

Sangyod rice of Phatthalung province is distinguished rice product which has been registered to “Geographical Indications” or GI. However, the quality of organic rice from the cultivating process and the effects of spatial geographic specificity of Phatthalung province were scientifically in questions. The purpose of this work was to investigate the odor of Sangyod rice depending on the variables of the overall cultivating process and spatial geographic specificity of Phatthalung province using the Electronic Nose or E-Nose. This study was proceeded in three kinds: *i*) the cultivation in the same area but different in planting processes, *i.e.*, organic and chemical planting methods, *ii*) the cultivation in different areas but with the same organic planting methods, and *iii*) different in both cultivation areas and organic planting methods. It was found that all three kinds provide a distinct odor map and the E-nose can distinguish the difference of the Sangyod rice from the planting methods. In addition, it was found that the second kind’s cultivation of the Sangyod rice gave the scent differently in an odor map, the same as the third kind. It is therefore indicates that of the spatial geographic effects and cultivation methods to the Sangyod's vapors that are relatively high. This would result in the chemical compositions within the Sangyod rice which has been strongly correlated to the cropping area and cultivation methods even though in the same province. However, in spatial relationships that significantly implication affected odor vapors must be further in-depth studied to be able to control the quality of the Sangyod rice's organic.

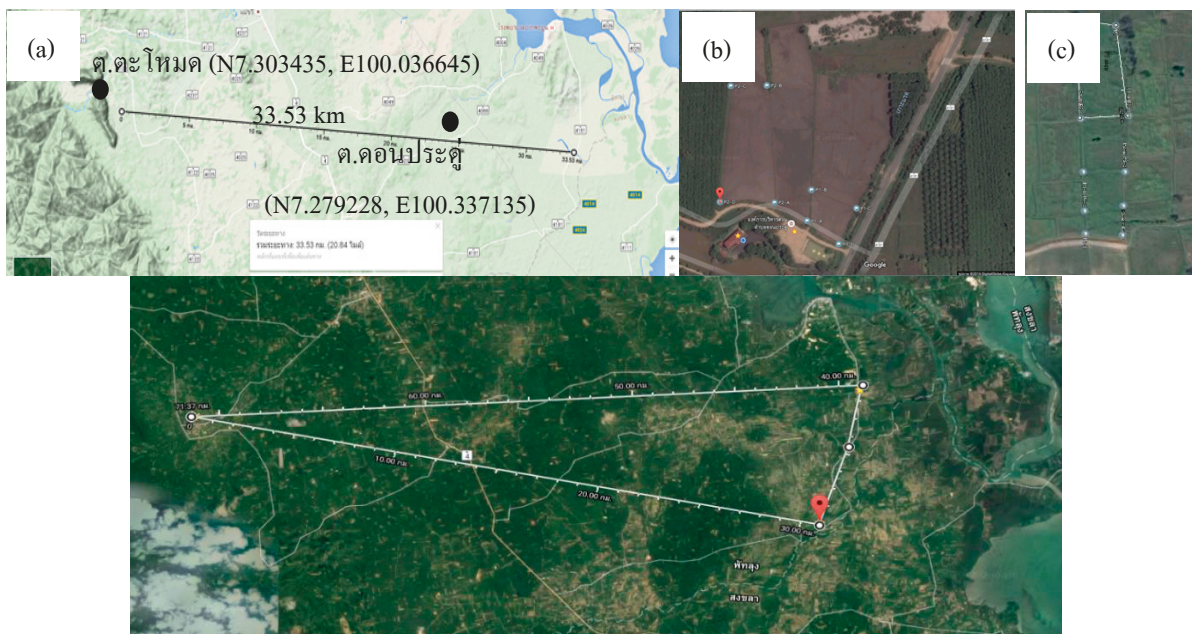
Keywords: Sangyod Rice of Phatthalung, Organic Rice, Chemical Rice, Electronic Nose, Geological Index

บทนำ

ในปัจจุบัน “ข้าว” ซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทยได้กลายเป็นอาหารสำคัญของโลก หลายประเทศพยายามสร้างผลผลิตข้าวด้วยตนเองทั้งการทดลองปลูกในพื้นที่ประเทศตัวเองหรือแม้แต่การลงทุนจ้างประเทศที่มีสภาพทางกายภาพที่เหมาะสมเพื่อให้ปลูกข้าวสำหรับส่งให้ประเทศตนเองโดยเฉพาะสำหรับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ทำให้เกิดการแข่งขันในการผลิตข้าวกันมากขึ้น สำหรับประเทศไทยมีการส่งออกข้าวเป็นสินค้าหลักสำคัญของประเทศมาอย่างยาวนาน รวมถึงคนไทยมีการบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก แต่สถานการณ์ปัจจุบันการส่งออกข้าวมีความผันผวนค่อนข้างสูง จึงเป็นอุปสรรคของชาวนาของประเทศไทยในการผลิตข้าวสำหรับบริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ แต่ทางออกหนึ่งของปัญหานี้คือการให้ความสำคัญกับข้าวพันธุ์พื้นเมืองท้องถิ่นซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่โดดเด่น เช่น “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” [1-2] ซึ่งได้รับการกล่าวถึงในความพิเศษในหลายประเด็น เช่น ความมีคุณค่าทางสารอาหารที่สูง หรือมีรสชาติที่โดดเด่นเฉพาะตัว เพราะเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่เหมือนกับพื้นที่อื่นๆ ในโลก เนื่องจากต้องเพาะปลูกเฉพาะในพื้นที่จังหวัดพัทลุงจึงได้คุณค่าทางอาหารและรสชาติอันเป็นเอกลักษณ์ อันเนื่องมาจากดินในพื้นที่จังหวัดพัทลุงเป็นที่ลุ่มทะเลสาบสงขลาจึงมีสภาพดินและแร่ธาตุอาหารในดินที่มีลักษณะจำเพาะเหมาะสมกับพันธุ์ข้าวสังข์หยด จึงกลายเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่งของการจะพัฒนาให้ข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีมาตรฐานในการเพาะปลูกที่มีคุณภาพเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นต่อความปลอดภัยและคุณค่าทางอาหารต่อผู้บริโภคซึ่งจะส่งผลไปถึงการมีความมั่นคงทางอาหารในภาพรวมต่อไปได้

ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงเป็นข้าวพันธุ์แรกของประเทศไทยที่ได้รับการรับรองให้เป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications หรือ GI) ของประเทศไทย [3] ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ.2546 เมื่อปี 2549 โดยใช้ชื่อว่า “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” ซึ่งลักษณะพิเศษเฉพาะของข้าวสังข์หยดคือ เป็นข้าวกล้องมีสีแดงเข้ม เมล็ดข้าวเรียวยาวเล็ก อ่อนนุ่ม ข้าวเปลือกสีฟาง เมื่อขัดแล้วสีเมล็ดจะมีสีขาวปนแดง จมูกข้าวเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นิยมบริโภคในรูปแบบข้าวซ้อมมือ เวลาหุงข้าวจะมีกลิ่นหอมของโมเลกุลสารอินทรีย์ และเมื่อไม่นานมานี้ข้าวสังข์หยดพัทลุง

ยังได้รับการรับรองจากสหภาพยุโรป (EU) ขึ้นทะเบียนข้าวสังข์หยดเมืองพัสดุของไทยเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication: GI) ในสหภาพยุโรป เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2559 [4] จึงเป็นการยืนยันว่าข้าวสังข์หยดเมืองพัสดุได้รับความยอมรับในระดับนานาชาติว่ามีคุณค่าทางอาหารที่สูงและน่าจะทำให้ได้รับความนิยมในการบริโภคมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปัญหาในการควบคุมคุณภาพของผลผลิตยังจะมีคำถามอยู่ในหลายประเด็น ซึ่งในปัจจุบันกระแสความตื่นตัวของผู้บริโภคได้เน้นไปยังอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและเป็นอาหารที่ผลิตโดยปราศจากสารเคมี หรือเป็นอาหารที่ผลิตด้วยกระบวนการอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งข้าวสังข์หยดก็เป็นหนึ่งในผลิตผลทางการเกษตรที่มีปัญหาในการระบุให้ชัดเจนได้ว่าเป็นข้าวสังข์หยดที่เกิดจากกระบวนการปลูกแบบอินทรีย์หรือไม่? และจะพิสูจน์ได้อย่างไร? งานวิจัยนี้จึงได้สนใจจะหาวิธีการระบุความชัดเจนของข้าวสังข์หยดที่ปลูกแบบอินทรีย์และแบบใช้สารเคมีโดยตรวจวัดโมเลกุลไอระเหย (หรือโมเลกุลกลิ่น) จากข้าวสังข์หยดที่เพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดพัสดุ ซึ่งการจะควบคุมคุณภาพในเรื่องของกลิ่นข้าวต้องใช้เครื่องมือกลิ่นหรือจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-Nose) [5-6, 8] ซึ่งได้มีการนำมาใช้ตรวจวัดคุณภาพของอาหารกันมากขึ้นในปัจจุบัน เช่นการวัดความสุกของผลไม้ การควบคุมคุณภาพของไวน์และเครื่องดื่มอื่นๆ หรือการตรวจวัดความสดของปลา [6] จึงน่าจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ระบุกลิ่นข้าวสังข์หยดในเบื้องต้น จึงได้ทำการศึกษาโมเลกุลไอระเหยจากข้าวสังข์หยดเมืองพัสดุในพื้นที่ตำบลตะโหนดและตำบลคอนประดู่ซึ่งมีการเพาะปลูกข้าวสังข์หยดด้วยวิธีแตกต่างกัน เพื่อศึกษาลักษณะกลิ่นเบื้องต้นของข้าวสังข์หยดพัสดุด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์ โดยได้ศึกษากลิ่นข้าวสังข์หยด 3 ประเภทตามลักษณะการเพาะปลูกและพื้นที่ คือ ข้าวสังข์หยดที่เพาะปลูกในพื้นที่เดียวกันแต่วิธีปลูกต่างกัน ข้าวสังข์หยดที่เพาะปลูกในพื้นที่ต่างกันแต่มีวิธีการปลูกแบบเดียวกัน และข้าวสังข์หยดที่เพาะปลูกในพื้นที่และวิธีการปลูกแตกต่างกัน โดยสร้างเป็นแผนที่กลิ่น (Odor Map) สำหรับบ่งบอกลักษณะกลิ่นเฉพาะตัวของข้าวสังข์หยด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาวิธีควบคุมคุณภาพข้าวสังข์หยดเมืองพัสดุต่อไป



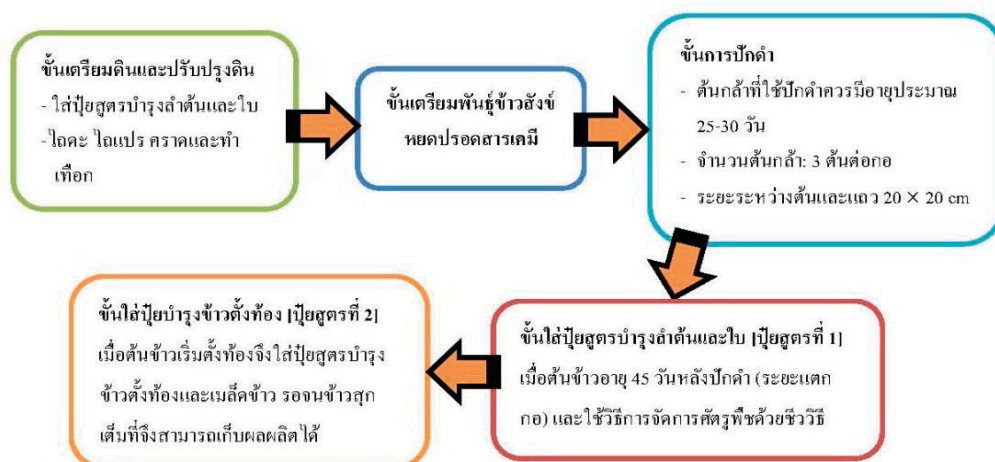
ภาพที่ 1 (a) แผนที่แสดงละติจูดและลองจิจูดของแปลงนาเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยดอินทรีย์จากตำบลตะโหนด และตำบลคอนประดู่ในจังหวัดพัสดุ (b) แปลงนาตำบลคอนประดู่ (c) แปลงนาตำบลตะโหนด (d) แสดงพื้นที่การเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยดของรูปแบบที่ 3 (ที่มา Google Map)

วิธีการวิจัย

ข้าวสังข์หยดที่ใช้ในการตรวจวัดโมเมนต์ไอร่เหยเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ของจังหวัดพัทลุง 2 ตำบล คือ ตำบลตะโหมด และตำบลคอนประดู่ ซึ่งพิกัดโดยประมาณของพื้นที่แปลงนาของตำบลตะโหมดและตำบลคอนประดู่ดังแสดงในภาพที่ 1(a) ทั้งสองพื้นที่มีระยะทางห่างกันประมาณ 33.53 กิโลเมตร และข้าวสังข์หยดจากทั้งสองพื้นที่มีทั้งวิธีการปลูกแบบแปลงนาอินทรีย์ โดยเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยดใช้สารเคมีจากพื้นที่แปลงนาข้างเคียงกัน ทำให้สามารถแบ่งรูปแบบการศึกษาโมเมนต์ไอร่เหย จากข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงได้เป็น 3 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1: ข้าวสังข์หยดจากแปลงนาพื้นที่เดียวกันแต่ใช้วิธีการเพาะปลูก แตกต่างกัน (สำหรับข้าวสังข์หยดจากตำบลคอนประดู่ซึ่งใช้การปลูกแบบใช้สารเคมีและแบบอินทรีย์ ภาพที่ 1(b)) และ รูปแบบที่ 2: ข้าวสังข์หยดที่เพาะปลูกในพื้นที่ต่างกันแต่วิธีการเพาะปลูกเหมือนกัน คือข้าวสังข์หยดอินทรีย์ของตำบลคอน ประดู่และตำบลตะโหมด (ภาพที่ 1(c)) และรูปแบบที่สาม 3: เป็นข้าวสังข์หยดจากพื้นที่ต่างกันและมีวิธีการเพาะปลูกต่างกัน โดยเป็นข้าวสังข์หยด จากนาข้าวสังข์หยดอินทรีย์ของตำบลคอนประดู่และพื้นที่ตำบลข้างเคียง คือข้าวสังข์หยดของสหกรณ์ การเกษตรกลุ่มแม่บ้านภักดีร่วมใจ จำกัดและข้าวสังข์หยดจากบ้านทุ่งนอก ดังภาพที่ 1(d) โดยวิธีการเพาะปลูกของแต่ละ พื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน แต่วิธีเพาะปลูกของกลุ่มแม่บ้านและบ้านทุ่งนอกไม่ทราบข้อมูลที่แน่ชัด ซึ่งตัวอย่างของข้าวสังข์ หยดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 (a) แผนภาพแสดงตัวอย่างข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงที่ได้จากตำบลคอนประดู่ ตำบลตะโหมด สหกรณ์การเกษตร กลุ่มแม่บ้านภักดีร่วมใจ จำกัด และบ้านทุ่งนอก โดยวิธีปลูกแบบใช้สารอินทรีย์ของ ICOFIS และใช้สารอินทรีย์ ที่ไม่สามารถระบุวิธีเพาะปลูกที่แน่ชัดได้ และวิธีปลูกแบบใช้สารเคมี (b) ภาพตัวอย่างข้าวสังข์หยดที่ใช้ในการตรวจวัดกลั่น



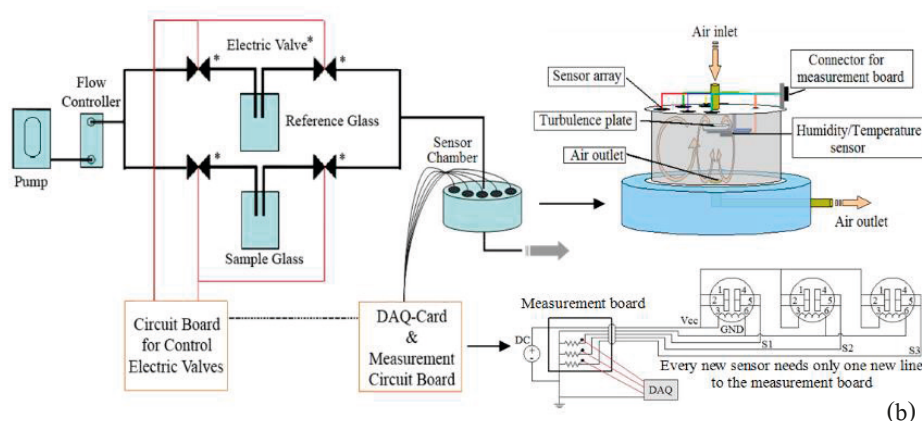
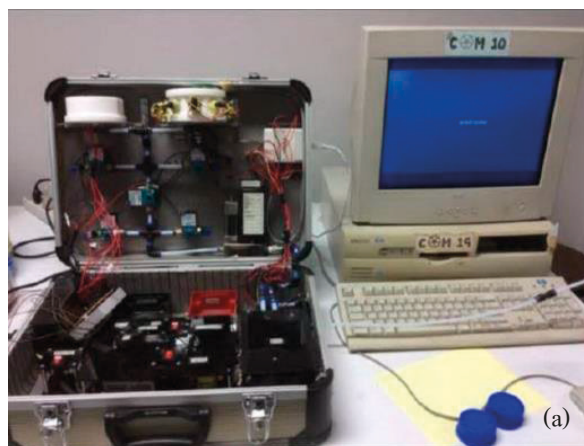
ภาพที่ 3 วิธีการเพาะปลูกข้าวแบบอินทรีย์ได้ใช้กระบวนการของสถาบันปฏิบัติการชุมชนเพื่อการพัฒนา (ICOFIS)

วิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ใช้กรรมวิธีของสถาบันปฏิบัติการชุมชนเพื่อการพัฒนา (ICOFIS) ซึ่งมีขั้นตอนดังภาพที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยอินทรีย์สำหรับนาข้าว 2 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งปุ๋ยสูตรที่ 1 ใช้บำรุงลำต้นและใบด้วยสูตร N:P:K 5:3:2 มีไนโตรเจนสูง ใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกผสมลงในแปลงนา ก่อนดำกล้าหรือหลังดำกล้าประมาณ 15 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อต้นข้าวอายุ 45 วัน หลังปักดำ ปริมาณที่ใช้ 50 - 100 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง ปุ๋ยสูตรที่ 2 ใช้บำรุงข้าวตั้งท้องและเมล็ดข้าวด้วยสูตร N:P:K 2:3:2 เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยใส่ก่อนข้าวตั้งท้องประมาณ 15 วัน ปริมาณที่ใช้ 50 - 100 กิโลกรัมต่อไร่

การตรวจวัดและวิเคราะห์กลิ่นไอระเหยของข้าวสังข์หยดโดยจมูกอิเล็กทรอนิกส์ [7-8] ดังภาพที่ 4(a) โดยเมื่อเซนเซอร์ของจมูกอิเล็กทรอนิกส์รับไอระเหยที่มาจากอุปกรณ์ไส้ตดดูตัวอย่างจะเกิดปฏิกิริยากับไอระเหยส่วนรับกลิ่นนี้เป็นเซนเซอร์โลหะออกไซด์หลายชนิด แต่ละชนิดจะตอบสนองต่อกลิ่นหรือก๊าซชนิดเดียวกันแตกต่างกัน เมื่อการตอบสนองไม่เหมือนกัน เซนเซอร์แต่ละชนิดจึงให้สัญญาณไฟฟ้าออกไปต่างกัน ความแตกต่างของสัญญาณไฟฟ้าทำให้เกิดรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าเฉพาะตัว เนื่องจากโมเลกุลไอระเหยที่แตกต่างกัน ซึ่งกลไกการทำงานแสดงในภาพที่ 4(b) เมื่อเปลี่ยนกลิ่นหรือชนิดของสารให้กลิ่นใหม่จะได้ชุดสัญญาณไฟฟ้าเฉพาะแบบที่ต่างออกไป การนำจมูกอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ตรวจหากลิ่นหรือก๊าซที่สนใจเป็นการเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าที่อยู่ในหน่วยความจำกับชุดข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากชุดเซนเซอร์ ณ เวลานั้นว่ามีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยมีสารเปรียบเทียบ (Reference) คืออากาศบริสุทธิ์เป็นตัวอ้างอิงในการตรวจวัดกลิ่นจากตัวอย่างข้าวสังข์หยดทั้งหมด โดยใช้ปริมาณข้าวสังข์หยดในจำนวน 5 กรัมเท่าๆ กันและนำข้อมูลจากการตรวจวัดมาวิเคราะห์ด้วยหลักการ Principle Component Analysis (PCA) [7, 10] เพื่อวิเคราะห์แยกแยะรูปแบบความเหมือนและความต่างกันของไอระเหยของข้าวสังข์หยด

ตารางที่ 1 สูตรปุ๋ยบำรุงข้าวสังข์หยดของสถาบันปฏิบัติการชุมชนเพื่อการพัฒนา (ICOFIS)

ลำดับ	ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับนาข้าว (สูตร 1)		ปุ๋ยบำรุงข้าวตั้งท้องและเมล็ดข้าว (สูตร 2)	
	วัสดุ	จำนวน (kg)	วัสดุ	จำนวน (kg)
1	มูลสัตว์	400	มูลสัตว์	400
2	รำละเอียด	50	รำละเอียด	50
3	โดโลไมท์ / ดินภูเขา	10	ดินภูเขา	10
4	แกลบดำ	10	แกลบดำ	30
5	เศษพืช	400	เศษพืช	400
6	หยวกกล้วย	50	หยวกกล้วย	100
7	ดินจากแปลงนา	50-100	หินฟอสเฟต (0-46-0)	50
8	น้ำหมักปลา	50 (ลิตร)	น้ำหมักจุลินทรีย์	50 (ลิตร)
9	น้ำหมักจุลินทรีย์	50 (ลิตร)		

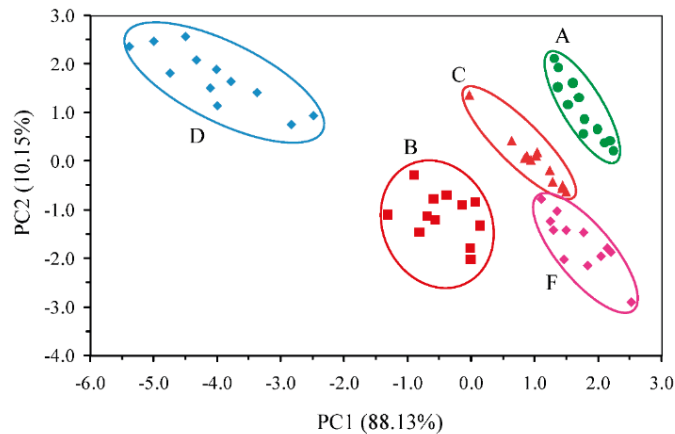


ภาพที่ 4 (a) จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-Nose) และ (b) แผนภาพระบบการทำงานโดยสังเขป
 ของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ [6, 8]

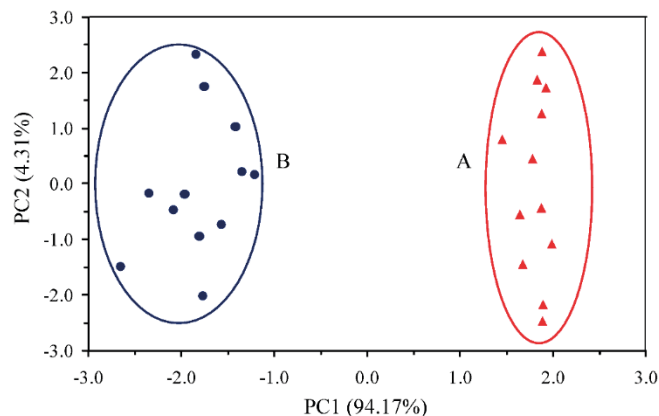
เทคนิค PCA เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ปรับเปลี่ยน (Transform) รูปแบบข้อมูลทั้งหมดที่ไม่สัมพันธ์กัน ไปเป็นรูปแบบกลุ่มหรือชุดของข้อมูลในลักษณะของการฉายภาพให้อยู่ในสองหรือสามมิติที่มีความสัมพันธ์กัน โดยกระบวนการ PCA มีนิยามดังสมการ:

$$PCA_{result} = \left((\overline{Cov(X_{M \times N})})_{\max \rightarrow \min} \otimes Norm(X_{M \times N}) \right)^T$$

เมื่อ $X_{M \times N}$ คือ เมตริกซ์รับข้อมูล โดย M หมายถึงแถวของเมตริกซ์การทำซ้ำของการวัดและ N หมายถึงคอลัมน์ของเมตริกซ์แสดงจำนวนเซ็นเซอร์ที่เป็นอิสระไม่ขึ้นแก่กัน $Norm(X_{M \times N})$ เป็นการ normalize เมตริกซ์รับข้อมูล $X_{M \times N}$ เทอม $Cov(X_{M \times N})$ เป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่า eigenvectors และ eigenvalues ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมและ $(\overline{Cov(X_{M \times N})})_{\max \rightarrow \min}$ เป็นการจัดเรียง eigenvectors และ eigenvalues โดยเป็นการจัดเรียงค่า eigenvectors ที่มีค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุด และเมื่อนำค่า $(\overline{Cov(X_{M \times N})})_{\max \rightarrow \min}$ และค่า $Norm(X_{M \times N})$ มาผ่านตัวดำเนินการแบบคูณและหาค่าเมตริกซ์ transpose จึงจะได้ชุดข้อมูลผ่านการแปลงแบบตั้งฉากเชิงเส้น (orthogonal linear transformation) PCA_{result} สำหรับนำมาวาด เป็นภาพกลุ่มของชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่า “แผนที่กลิ่น (Aroma Map)”



ภาพที่ 5 แผนทีกลั่นข้าวสังข์หยดพัทลุงจากการวิเคราะห์ด้วยมุกอิล็กทรอนิกส์จากตัวอย่างข้าวสังข์หยดของแผนภาพที่ 2(a)
โดยสีของกลุ่มจุดสอดคล้องกับการจำแนกชนิดของตัวอย่างข้าวสังข์หยดคือ ชนิด [A] = วงจุดสีเขียว
ชนิด [B] = วงจุดสีน้ำตาล ชนิด [C] = วงจุดสีน้ำตาลแดง ชนิด [D] = วงจุดสีฟ้า และชนิด [F] = วงจุดสีชมพู



ภาพที่ 6 แผนทีกลั่นข้าวสังข์หยดพัทลุงจากการวิเคราะห์ด้วยมุกอิล็กทรอนิกส์จากตัวอย่างข้าวสังข์หยด
แบบอินทรีย์ SY(org)ICOFIS#1” หรือ “ชนิด [A]” ซึ่งได้จากแปลงนาข้าวของตำบลคอนประดู่และ “SY(org)ICOFIS#2”

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ตัวอย่างข้าวสังข์หยดพัทลุง (ภาพที่ 2(b)) ที่ใช้ในการทดลองมีการแยกแยะและจัดกลุ่มดังภาพที่ 2(a) โดยกลุ่มของข้าวสังข์หยดจากการเพาะปลูกแบบนาอินทรีย์ซึ่งระบุกระบวนการเพาะปลูกได้ (ภาพที่ 3) คือ “SY(org)ICOFIS#1” หรือเรียกว่า “ชนิด [A]” ซึ่งเป็นข้าวจากแปลงนาข้าวของตำบลคอนประดู่และ “SY(org)ICOFIS#2” หรือเรียกว่า “ชนิด [B]” ซึ่งเป็นข้าวจากแปลงนาข้าวของตำบลตะโหมด (แผนภาพที่ 1(a - c)) และกลุ่มข้าวสังข์หยดนาอินทรีย์แบบไม่สามารถระบุกระบวนการเพาะปลูกที่แน่ชัดได้ คือ “SY(org)#1” หรือเรียกว่า “ชนิด [C]” ซึ่งเป็นข้าวจากสหกรณ์การเกษตรกลุ่มแม่บ้านภักดีร่วมใจ จำกัด และ “SY(org)#2” หรือเรียกว่า “ชนิด [D]” ซึ่งเป็นข้าวของบ้านทุ่งนอก (แผนภาพที่ 1(d)) และข้าวสังข์หยดที่ได้มาจากกระบวนการเพาะปลูกแบบใช้สารเคมี คือ “SY(chem)Don” หรือเรียกว่า “ชนิด [F]” เป็นตัวอย่างข้าวจากพื้นที่ตำบลคอนประดู่แต่เป็นจากแปลงนาข้าวพื้นที่ข้างเคียง ในการตรวจวัดกลั่นจากตัวอย่างข้าวสังข์หยดพัทลุงด้วยมุกอิล็กทรอนิกส์ร่วมกับการวิเคราะห์แบบ PCA ทำให้ได้ข้อมูลหลายตัวแปรโดยไม่มีการแบ่งกลุ่มตัวแปรว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรตามหรือตัวแปรอิสระ โดยได้ทำการวัดซ้ำตัวอย่างข้าวสังข์หยดแต่ละกลุ่มหลายครั้งเพื่อทดสอบความซ้ำรอยเดิมของ

ข้อมูลจนกระทั่งได้ข้อมูลในรูปแบบกราฟแผนที่คลื่น ดังในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงชนิดของคลื่นหรือโมเลกุลไอ-ระเหยของข้าวสังข์หยดที่สอดคล้องสัมพันธ์กับแผนภาพภาพที่ 2(a)

ตารางที่ 2 แสดงค่า pH อุณหภูมิและ ORP ของน้ำในพื้นที่ตำบลคอนประดู่และตะโหมดปี 2558 และปี 2559

บริเวณที่ตรวจวัด	คอนประดู่					ตะโหมด				
	2558		2559			2558		2559		
	(9.05 น.)		(9.00 น.)			(10.00 น.)		(10.07 น.)		
	pH	T (°C)	pH	T (°C)	ORP	pH	T (°C)	pH	T (°C)	ORP
					(V)					(V)
แหล่งน้ำธรรมชาติ*	6.4	25.1	8.6	29.5	282	6.2	30.3	6.0	33.5	367
Area #1	4.5	25.0	7.7	30.5	307	4.8	32.5	7.0	35.1	357
Area #2	5.1	25.0	7.2	30.8	290	4.3	31.8	6.6	35.8	227
Area #3	3.2	25.0	6.7	30.7	306	5.1	32.0	7.0	35.5	264
Area #4	2.5	24.9	6.8	30.8	302	3.9	32.3	6.7	34.8	367

*แหล่งน้ำธรรมชาติ: - พื้นที่ตำบลคอนประดู่ วัดจากน้ำของคลองชลประทานก่อนปล่อยเข้าแปลงนา

- พื้นที่ตำบลตะโหมด วัดจากน้ำที่ไหลมาจากเทือกเขารัตมตามลำคลองก่อนเข้าสู่แปลงนา

ในแปลงนา: ไม่ได้แสดงบริเวณพื้นที่ในแปลงนาข้าวที่ใช้เก็บค่าไว้ ณ ที่นี้

ผลจากคลื่นข้าวสังข์หยดรูปแบบที่ 1 (ข้าวสังข์หยดจากแปลงนาในพื้นที่เดียวกันแต่ใช้วิธีการเพาะปลูกต่างกัน) ชนิดนาข้าวอินทรีย์ [A] วงจุดสีเขียวหรือ “SY(org)ICOFIS#1” และชนิดนาข้าวใช้สารเคมี [F] วงจุดชมพูหรือ “SY(chem)Don” (ทั้งสองตัวอย่างได้จากพื้นที่ตำบลคอนประดู่) พบว่าข้อมูลคลื่นข้าวแยกกลุ่มกันอย่างเด่นชัด ซึ่งเป็นการยืนยันว่ามุกอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพและศักยภาพเพียงพอต่อการจำแนกแยกแยะผลผลิตข้าวสังข์หยดที่ได้มาจากการเพาะปลูกแบบอินทรีย์และแบบใช้สารเคมี และแสดงว่าวิธีการเพาะปลูกส่งผลกระทบท่อลักษณะคลื่นซึ่งนำไปสู่ชนิดของโมเลกุลไอระเหยของข้าวสังข์หยดที่แตกต่างกันโดยตรง (โดยในที่นี้ยังไม่อาจระบุชนิดของโมเลกุลไอระเหยได้) ยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้ทราบว่าตัวอย่างข้าวสังข์หยดทั้งสองน่าจะไม่ได้เพาะปลูกจากแปลงนาเดียวกัน (ตัวแปรเชิงพื้นที่) เมื่อพิจารณาจากความห่างของกลุ่มจุดในแนวตั้งระหว่างข้าวอินทรีย์ชนิด [A] วงจุดสีเขียวและข้าวใช้สารเคมีชนิด [F] วงจุดชมพู และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดคลื่นข้าวสังข์หยดอินทรีย์และเคมีจากรายงานของอนุรักษ์ อุดมเวชและคณะ [11] ซึ่งได้กล่าวว่าโมเลกุลไอระเหยจากข้าวน่าจะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวในภาพกว้างนั้นมีผลที่สอดคล้องกันกับผลการศึกษานี้ แต่ในการศึกษานี้เลือกจำเพาะเจาะจงพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกที่ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่ยังไม่จำเพาะเพียงพอต่อการระบุถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกที่แน่นอนและชัดเจนซึ่งอยู่ระหว่างดำเนินการวิจัยในขั้นต่อไป

สำหรับการเพาะปลูกด้วยวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ตามวิธีของสถาบันปฏิบัติการชุมชนเพื่อการศึกษาแบบบูรณาการ (ภาพที่ 3) เหมือนกันแต่ต่างพื้นที่กัน (รูปแบบที่ 2) บริเวณตำบลคอนประดู่ (สัญลักษณ์ “SY(org)ICOFIS#1” หรือ “ชนิด [A]” กลุ่มจุดสีเขียว) และตำบลตะโหมด (สัญลักษณ์ “SY(org)ICOFIS#2” “ชนิด[B]” กลุ่มจุดสีน้ำตาล) (ภาพที่ 5) พบว่าแผนที่คลื่นของทั้งสองพื้นที่แยกจากกันอย่างเด่นชัด ซึ่งมีระยะทางห่างกัน 33.53 กิโลเมตรโดยประมาณ (ภาพที่ 1(a)) ทำให้มีความแตกต่างของปัจจัยทางกายภาพสำคัญ เช่น สภาพดินและสภาพน้ำแตกต่างกัน (โดยได้แสดงผลเฉพาะการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิและ Oxidation Reduction Potential (ORP) ของน้ำในช่วงสองรอบของการปลูกข้าวสังข์หยดแบบนาปีไว้

ดังตารางที่ 2) และเมื่อทำการตรวจวัดกลิ่นข้าวสังข์หยดจากทั้งสองพื้นที่ที่ซ้ำและเปรียบเทียบกันเฉพาะกลิ่นข้าวทั้งสองพื้นที่บนเงื่อนไขวิธีการเพาะปลูกแบบเดียวกันแต่มีพื้นที่เพาะปลูกแตกต่างกัน ดังภาพที่ 6 ก็ให้ผลการแยกแยะกลิ่นข้าวสังข์หยดที่แยกจากกันเช่นเดิม แสดงว่าโมเลกุลไอระเหยของข้าวสังข์หยดได้รับผลกระทบจากปัจจัยของสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกเป็นด้วยแม้จะควบคุมกระบวนการเพาะปลูก เช่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมือนกันก็ตาม

เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบของปัจจัยเชิงพื้นที่และสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันในการเพาะปลูกข้าวสังข์หยด (ในจังหวัดพัทลุง) จึงเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยดที่ไม่อาจจะระบุวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ได้แน่ชัดหรือรูปแบบที่ 3 จากสหกรณ์การเกษตรกลุ่มแม่บ้านภักดีร่วมใจ จำกัด (“SY(org)#1” หรือ “ชนิด [C]” กลุ่มจุดสีแดง) และจากบ้านทุ่งนอก (“SY(org)#2” หรือ “ชนิด [D]” กลุ่มจุดสีฟ้า) โดยทั้งสองพื้นที่เป็นตำบลข้างเคียงกับพื้นที่ตำบลดอนประดู่ เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของกลิ่นจากข้าวสังข์หยดอินทรีย์ที่ทราบและไม่ทราบวิธีการเพาะปลูก (ภาพที่ 5) พบว่ากลิ่นของข้าวของกลุ่มสหกรณ์ฯ (“ชนิด [C]” กลุ่มจุดสีแดง) อยู่ใกล้เคียงกับข้าวสังข์หยดอินทรีย์ของตำบลตะโหมดซึ่งใช้วิธีการเพาะปลูกแบบของ ICOFIS จึงน่าจะสันนิษฐานได้ว่าอาจจะใช้กระบวนการปลูกใกล้เคียงกัน แต่อาจจะมีการใช้สารเคมีร่วมด้วยในขั้นตอนของการเพาะปลูก เนื่องจากกลุ่มจุดสีแดงและสีชมพู (ใช้สารเคมี) อยู่เกือบชิดติดกัน แต่สำหรับกลุ่มจุดสีฟ้า (ข้าวสังข์หยดของบ้านทุ่งนอก) แยกออกเป็นเอกเทศชัดเจน ซึ่งเป็นไปได้ว่าใช้วิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ที่แตกต่างออกไปโดยสิ้นเชิงจากวิธีการเพาะปลูกแบบของ ICOFIS นอกเหนือจากผลกระทบเชิงพื้นที่ที่เพาะปลูกที่ต่างกัน

การศึกษาวินิจฉัยกลิ่นของข้าวสังข์หยดนี้เป็นการใช้เทคโนโลยียุคใหม่เพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการกำหนด ควบคุม และตรวจสอบเอกลักษณ์เฉพาะที่ขึ้นกับสภาพภูมิศาสตร์หรือ GI ของข้าวสังข์หยดพัทลุงได้ ซึ่งจะเป็นการควบคุมตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตข้าวสังข์หยดให้สามารถคงความมีคุณค่าทางโภชนาการและคุณค่าของวัฒนธรรมพื้นถิ่นได้ในอนาคต และเป็นแนวทางหนึ่งของการสร้างมาตรฐานต่อการคงเอกลักษณ์และรักษาคุณภาพของข้าวสังข์หยดที่กำลังได้รับความนิยมจากสังคมโลกมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาวินิจฉัยเพื่อจะใช้เอกลักษณ์ของกลิ่นหรือไอระเหยเฉพาะตัวของข้าวสังข์หยดอินทรีย์ที่ขึ้นต่อพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกจะยังคงต้องมีการศึกษาลงลึกในรายละเอียดของตัวแปรทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลกระทบต่อกลิ่น เช่น ลักษณะของดิน น้ำ สภาพอากาศในระดับจุลภาค (Microclimate) ในโอกาสต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษากลิ่นของข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงโดยใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose หรือ E-Nose) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ PCA ทำให้ทราบถึงผลของกลิ่นข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงที่มีวิธีเพาะปลูกแบบอินทรีย์และแบบเคมีมีแผนที่กลิ่นที่แยกจากกันชัดเจน ซึ่งยืนยันว่าสามารถใช้เครื่องมือดังกล่าวจำแนกผลผลิตข้าวสังข์หยดจากทั้งสองวิธีการเพาะปลูกได้ นอกจากนี้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถช่วยยืนยันถึงผลกระทบเชิงพื้นที่และวิธีการเพาะปลูกต่อกลิ่นของข้าวสังข์หยดอินทรีย์ซึ่งมีโมเลกุลไอระเหยหรือกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะว่าจะมีความแตกต่างกันโดยชัดเจนเมื่อเพาะปลูกบนสภาพเงื่อนไขเชิงพื้นที่ของจังหวัดพัทลุงที่แตกต่างกันไม่ว่าจะใช้วิธีเพาะปลูกที่เหมือนกันหรือต่างกันหรือไม่ก็ตาม โดยข้อมูลการศึกษาวินิจฉัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างมาตรฐานต่อการคงหรือเพิ่มเอกลักษณ์และคุณภาพของข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงที่กำลังได้รับความนิยมจากสังคมโลกมากขึ้นได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากการทำโครงการวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตร วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ 5 ปี จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2559 และผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณครูชานา ตำบลคอนประดู่ และตะโหมดทุกท่านที่ให้ข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] อรรถพงษ์ อยู่เกตุ. (2550). “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง: ข้าว GI พันธุ์แรกของเมืองไทย”, *วารสารพัฒนาชุมชน*. 46, 27-29.
- [2] กองบรรณาธิการ. (2552). “ข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง จากข้าวพันธุ์พื้นเมืองถึงข้าวพันธุ์ GI”, *วารสารธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย*. 3, 17-25.
- [3] ทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์เลขที่ สช 49100011. (2549). *ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง*. กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.
- [4] ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (13 ต.ค. 2559). *อียูขึ้นทะเบียน “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” เป็นสินค้าจีไอแล้ว*. สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2560, จาก http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1476358 276
- [5] กองบรรณาธิการ. (มิถุนายน – กรกฎาคม 2553). “Smart E-nose” Inspire by MEMS in Thailand. *Technology Promotion and Innomag Magazine*. 37, 25 – 27.
- [6] ชีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2557). *จมูกอิเล็กทรอนิกส์: เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ชนิดใหม่ สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร*. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2559, จาก http://website.nnr.nstda.or.th/website/attachments/article/58/E-Nose_for_FoodIndustry.pdf.
- [7] MartõÁnez, A.M. and Kak, A.C. (2001). “PCA versus LDA”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 23, 228-233.
- [8] Wongchoosuk, C., Lutz, M. and Kerdcharoen, T. (2009). “Detection and Classification of Human Body Odor Using an Electronic Nose”, *Sensors*. 9, 7234-7249.
- [9] Wongchoosuk, C., Lorwongtragool, P. and Kerdcharoen, T. (2011). “Malodor DetectionBased on Electronic Nose, Air Quality Monitoring, Assessment and Management” *Dr.Nicolas Mazzeo (Ed.), InTech*. DOI: 10.5772/16582. Available from: <http://www.intechopen.com/books/air-quality-monitoring-assessment-and-management/malodor-detection-based-on-electronic-nose>.
- [10] Fukunaga, K. (1990). *Introduction to Statistical Pattern Recognition*. Second ed. Academic Press.
- [11] Timsorn, K., Wongchoosuk, C., Suwanmanee, P. and Udomvech, A. (2015). “Unleash the Secret of Rice Aroma from Different Paddy Field Locations and Farming Treatment Processes of Thailand by an Electronic Nose Machine”, In *The First International Conference on Sustainability of Organic Agriculture (SOA2015)*. 7-9 December 2015. Ubon Ratchathani Province.