บทที่ 3

การจำแนกรูปแบบกลิ่นในข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ระหว่างเก็บรักษาด้วยเครื่องจมูกเทียม

บทคัดย่อ

เครื่องจมูกเทียม (Alpha M.O.S. รุ่น FOX 3000) เป็นเครื่องมือที่มีหลักการทำงานเสมือนระบบการดมกลิ่นของมนุษย์ ซึ่งมีองค์ประกอบของ metal oxide semiconductors (MOS) จำนวน 12 ตัว มีความสามารถในการจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 ได้อย่างชัดเจนในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ทั้งนี้กระบวนการจำแนกรูปแบบกลิ่นที่ได้นั้นใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่ผ่านการปรับแต่งข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณกลิ่นอิเล็กทรอนิกส์ โดยในการศึกษานี้ได้แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 7 ชุดประกอบด้วยชุดการทดลองที่มีเฉพาะข้าวสายพันธุ์เดี่ยว 2 ชุด และข้าวสายพันธุ์ผสมกันระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 อีก 5 ชุด ซึ่งข้าวแต่ละชุดจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นรูปแบบกลิ่นที่ถูกจำแนกให้เห็นได้อย่างดี โดยเฉพาะชุดการทดลองที่เป็นข้าวสายพันธุ์เดี่ยว ซึ่งมีค่าความแปรปรวนสะสมใน PC2 สูงถึงร้อยละ 99 นอกจากนี้ได้พิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษาของข้าวแต่ละชุด พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถแยกกันได้อย่างชัดเจนเมื่อเก็บไว้ที่เวลา 1, 2, 5 และ 6 เดือน แต่กลับไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ในขณะที่ข้าวปทุมธานี 1 จะสามารถแยกความแตกต่างได้ตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึง 4 แต่ไม่สามารถจำแนกได้ในเดือนที่ 5 และ 6 ทั้งนี้จากความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นที่เป็นองค์ประกอบหลักในระหว่างการเก็บรักษา 2 ชนิด ได้แก่ 2-อะซิทิล-1-ไพโรลีน และ เฮกซาแนล ซึ่งวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค SPME จากเครื่อง GC-MS

คำสำคัญ: เครื่องจมูกเทียม; วิธีองค์ประกอบหลัก; ลักษณะกลิ่นข้าว

3.1 บทนำ

ในปัจจุบันสาเหตุที่ข้าวขาวดอกมะลิมีราคาตกลง เนื่องจากปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกหอมมะลิที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประกอบกับปัญหาที่ผู้ส่งออกข้าวไปยังต่างประเทศนำข้าวชนิดอื่นมาปลอมปนกับข้าวขาวดอกมะลิ ทำให้ผู้ซื้อไม่รับมอบข้าวดังกล่าว ส่งผลให้ราคาข้าวปรับตัวลดลง ทั้งนี้รัฐบาลได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยในระยะสั้นได้มีการทำความเข้าใจกับผู้ส่งออกถึงผลกระทบจากการปลอมปนข้าวรวมทั้งการเจรจากับผู้ซื้อโดยตรง ผลการดำเนินงานกรมการค้าต่างประเทศได้มีการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง ยุทธศาสตร์ข้าวหอมของไทย เมื่อวันที่ 9 สิงหาคม

2547 และจากการประชุม ดังกล่าวได้ตั้งคณะทำงานเพื่อกำหนดมาตรฐานข้าวปทุมธานี เพื่อให้แก้ไขปัญหาการปลอมปนข้าวขาวดอกมะลิ และสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้ซื้อในต่างประเทศ ทั้งนี้ เมื่อมีการกำหนดมาตรฐานที่ชัดเจนแล้วจะได้มีการจัดทำเป็นประกาศเพื่อให้ถือปฏิบัติโดยทั่วไป แต่ก็ยังมีการแอบปลอมปนข้าวปทุมธานี ในข้าวขาวดอกมะลิ ทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจโดยผู้ส่งออก

การตรวจสอบการปลอมปนข้าวปทุมธานี 1 ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้น ในปัจจุบันสามารถทำการตรวจสอบได้เพียงวิธีเดียวคือการตรวจ DNA (Ronnarit, 2005) ของข้าวซึ่งใช้ค่าใช้จ่ายสูงและเวลาในการตรวจสอบนานมาก อีกทั้งหน่วยงานที่ทำการตรวจสอบยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งหากให้ผู้ส่งออกทุกรายทำการส่งตัวอย่างตรวจก็ไม่สามารถรองรับได้ อีกทั้งราคาและเวลาที่มากในการตรวจสอบนั้นทำให้ผู้ส่งออกมีความต้องการที่จะหาวิธีการที่จะสามารถตรวจสอบการปลอมปนได้นอกจากการตรวจ DNA ซึ่งการที่จะสามารถตรวจสอบการปลอมปนของข้าวปทุมธานี ได้นั้นจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลอย่างละเอียดทั้งในแง่คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของข้าวทั้งสองชนิดนี้ว่ามีคุณสมบัติต่างกันอย่างไรบ้าง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาสู่การพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีราคาถูก และสามารถใช้ในการตรวจสอบการปลอมปนระหว่างข้าว 2 สายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติทางเคมี เช่น กลิ่นรสของข้าว 2 สายพันธุ์ ตลอดจนความแตกต่างทางกายภาพที่โดดเด่นนั้นจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยใช้เป็นฐานองค์ความรู้สำหรับในการต่อยอดเพื่อพัฒนากระบวนการหรือเครื่องมือในอนาคต

แม้ว่าในปัจจุบันอาจได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับลักษณะทางเคมี และกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เช่น การศึกษาหาปริมาณสาร 2-Acetyl-1-Pyrroline (Sugunya, 2003), การหาปริมาณ amylose (Zhongkai, 2003), การวัดสี ซึ่งการหาค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นเพียงการวัดเพื่อเก็บข้อมูลเท่านั้น ไม่ได้มีการนำข้อมูลที่ได้มาทำการประมวลวิเคราะห์และทำการเปรียบเทียบกับการวัดค่าต่างๆจากข้าวปทุมธานี 1 เลยทำให้ไม่สามารถหาวิธีการวัดค่าที่จะแยกความแตกต่างของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้ได้

จากปัญหาดังกล่าวการประเมินด้วยเครื่องมือจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ โดยได้มีการพัฒนาเครื่องมือชนิดหนึ่งขึ้นมา เรียกว่า "เครื่องจมูกเทียม (Electronic nose หรือ e--nose)" ซึ่งหลักการทำงานจะอาศัยการเลียนแบบลักษณะการรับกลิ่นของจมูกมนุษย์ ด้วยชุดของอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับและตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (Sensors) ทางเคมี โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะถูกออกแบบให้มีความจำเพาะเจาะจงต่อการตรวจวัดกลุ่มของสารระเหยต่างๆ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดมาสร้างแบบแผนของข้อมูลด้วยเทคนิคทางสถิติหรือคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแปลผลการวิเคราะห์ต่อไป (Gardner และ Bartlett, 1994) โดยทั่วไปเครื่องจมูกเทียมที่มีใช้ในทางการค้าจะมี sensors อยู่หลายชนิด เช่น metal oxide semiconductors (MOS) conducting polymer

(CP) bulk acoustic wave (BAW) surface acoustic wave (SAW) และ quartz-microbalance (QMB) เป็นต้น (Innawong และคณะ, 2004)

ชุดของ sensors ในเครื่องจมูกเทียมเหล่านี้จะให้ข้อมูลในปริมาณมากซึ่งยากต่อการนำไปวิเคราะห์และแปลผล ดังนั้นการใช้เทคนิคทางสถิติจึงมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การแปลผลข้อมูล เทคนิคหนึ่งที่สำคัญและมีการใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องดังกล่าวคือเทคนิคการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis หรือ PCA) ซึ่งสามารถสร้างแบบแผนของกลิ่นรสที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปในอาหารแต่ละชนิดได้ตามการเปลี่ยนแปลงของเวลา (Capone และคณะ, 2001) ทั้งนี้พบว่ามีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาการใช้เครื่องจมูกเทียมในอาหาร และ/หรือองค์ประกอบของอาหาร เช่น Innawong และคณะ (2004) ทำการศึกษาคุณภาพของน้ำมันทอดที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย QMB sensor และพบว่าเครื่องดังกล่าวมีศักยภาพที่ดีในการแยกและบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำมันในแต่ละช่วงอายุการทอดได้ เช่นเดียวกับ Rajamaki และคณะ (2006) ที่สามารถใช้เครื่องดังกล่าวในการตรวจสอบระดับของจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ในบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการดัดแปรสภาพบรรยากาศ ด้วย MOS sensor นอกจากนี้ Dutta และคณะ (2003) พบว่า MOS sensor สามารถใช้ในการจำแนกคุณภาพของชามาตรฐานแต่ละชนิดภายใต้ผู้ผลิต และกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน มากไปกว่านั้น Trihaas และคณะ (2005) ได้ใช้ MOS sensor เช่นกันในการสร้างแบบจำลองของการบ่ม Danish blue cheese ซึ่งพบว่าสามารถใช้บ่งชี้ระยะ maturation ของการบ่มได้รวมถึงพยากรณ์ลักษณะทางคุณภาพที่เกิดขึ้นได้ และในแง่ของการประเมินกลิ่นหืนพบว่า Vinaixa และคณะ (2005) ได้ใช้เครื่องจมูกเทียมร่วมกับเครื่อง Mass spectrometry (MS) และ Gas sensor (GS) สำหรับการตรวจสอบกลิ่นหืนอย่างรวดเร็วในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แบ่งช่วงการหืนออกเป็น 4 ช่วง โดยพบว่าการใช้ร่วมกับเครื่อง MS จะให้ระดับการแยกกลิ่นหืนได้ดีกว่าการใช้ร่วมกับเครื่อง GS ถึงร้อยละ 32

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าว 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 ในระหว่างการเก็บรักษาด้วยเครื่องจมูกเทียม สำหรับใช้หาแนวทางในการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบกลิ่นในข้าวเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไปในอนาคต

3.2 วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างข้าว

ในการศึกษาใช้ข้าว 2 ตัวอย่าง คือข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 จากศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดปทุมธานี โดยเก็บเกี่ยวตัวอย่างจากแปลงในเดือนเมษายน 2552 และมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 12-13 (ฐานเปียก) สุ่มข้าวทั้ง 2 ตัวอย่างมาขัดสีด้วยเครื่องสีข้าว แล้วทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดแบบแรงลม (aspirator) เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากข้าวสาร หลังจากนั้นเก็บ

รักษาข้าวสารในถุงโพลีโพรพิลีน ถุงละประมาณ 500 กรัม ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 65-70% ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะของกลิ่นข้าวในตัวอย่างทุกๆ เดือน ด้วยเครื่องจมูกเทียม เป็นระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งก่อนการวิเคราะห์ในแต่ละเดือนจะนำข้าวทั้ง 2 ตัวอย่าง มาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่อง Hammer Mill แล้วนำมาผสมกันเพื่อกำหนดปัจจัยสำหรับการศึกษาในรูปของร้อยละโดยน้ำหนักระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อ ข้าวปทุมธานี 1 จำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ 100:0, 95:5, 92:8, 90:10, 85:15, 80:20, และ 0:100 ตามลำดับ

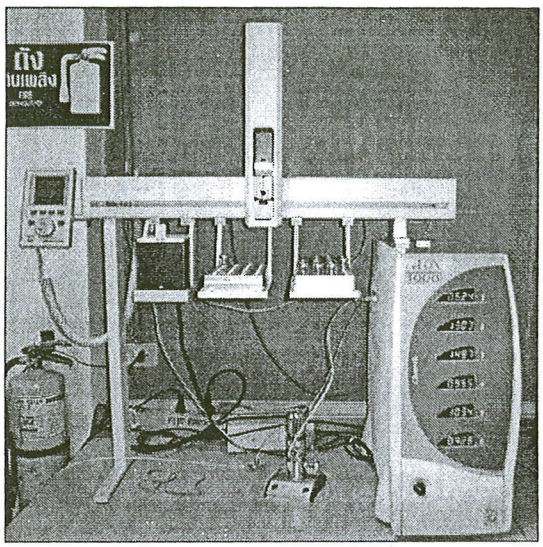
3.2.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องจมูกเทียม

เครื่องจมูกเทียม (Alpha M.O.S. รุ่น FOX 3000) ประกอบด้วย MOS sensor จำนวน 12 ตัว ได้แก่ LY/LG LY/G LY/AA LY/Gh LY/gCTI LY/gCT T30/1 P10/1 P10/2 P40/1 T70/2 และ PA2 ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องเก็บตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto sampler) รุ่น HS 100 (ภาพที่ 3.1) โดยตัวอย่างข้าวทั้ง 2 ตัวอย่างที่จัดเตรียมไว้ตามสัดส่วนที่ต้องการศึกษาในแต่ละเดือน จะถูกนำมาชั่งให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม ใส่ในขวดแก้ว (Glass vial) ขนาด 10 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยฝาให้สนิทเพื่อป้องกันความแปรปรวนจากการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นก่อนการวิเคราะห์ จากนั้นจึงนำขวดแก้วแต่ละขวดมาวางลงในถาดบรรจุสำหรับรอการวิเคราะห์ต่อไป โดยสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเครื่องจมูกเทียมสำหรับตัวอย่างข้าวดังกล่าวแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเครื่องจมูกเทียม

รายละเอียดของขั้นตอน และกระบวนการ	รายละเอียด
แก๊สที่ใช้พา	อากาศแห้งแบบสังเคราะห์
บริเวณก่อนฉีดตัวอย่าง	
เวลาที่อยู่ในบริเวณนั้น	20 นาที
อุณหภูมิในบริเวณนั้น	60 องศาเซลเซียส
อัตราการเขย่าขวดใส่ตัวอย่าง	500 รอบ/นาที
บริเวณหัวฉีดตัวอย่าง	
ปริมาตรในการฉีด	2,500 ไมโครลิตร
ความเร็วในการฉีด	2500 ไมโครลิตร/วินาที
ปริมาตรของหัวฉีด	2.5 มิลลิลิตร
อุณหภูมิของหัวฉีด	65 องศาเซลเซียส
พารามิเตอร์ในการเก็บข้อมูล	
ระยะเวลาที่ใช้	120 วินาที
ระยะห่างของเวลาก่อนการฉีดครั้งต่อไป	15 นาที

ทั้งนี้เครื่องจมูกเทียมดังกล่าวจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละ Sensor เพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบกลิ่นที่ได้ในแต่ละปัจจัย และระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 3.1 เครื่องจมูกเทียม (Alpha M.O.S. Model FOX 3000)

3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากเครื่องจมูกเทียมจะถูกนำมาวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลัก ด้วยโปรแกรม Win-DAS (Wiley, Chichester, U.K.) เพื่อแยกความแตกต่างของข้อมูล ทั้งนี้เทคนิค linear discriminate analysis หรือ LDA จะถูกใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการแยกความแตกต่างข้อมูล โดยอาศัยวิธีการของ Mahalanobis distance metric (Kemsley, 1998)

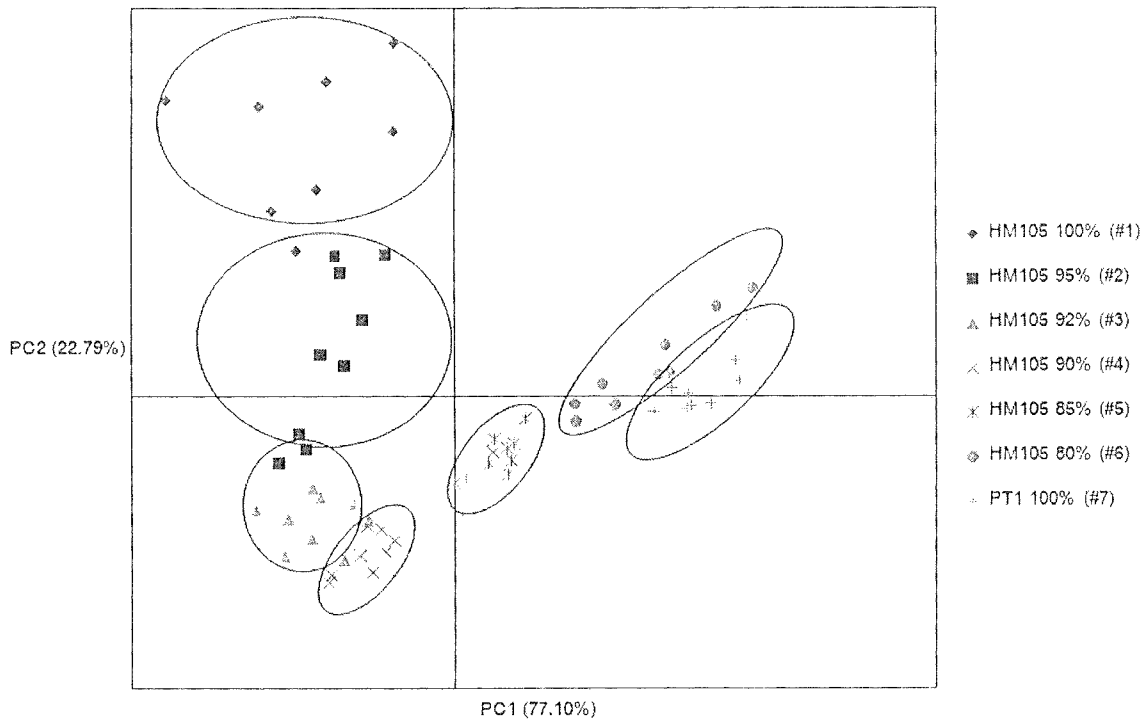
3.3 ผลการทดลองและการวิจารณ์

3.3.1 ปัจจัยของการผสมตัวอย่างข้าวต่อการจำแนกรูปแบบกลิ่นด้วยเครื่องจมูกเทียม

การวัดสัญญาณตอบสนองที่ได้จาก MOS sensor ทั้ง 12 ตัวนั้นจะเกิดขึ้นภายใต้กระบวนการ 2 ขั้นตอนกล่าวคือ ขั้นแรกค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ Sensor ในสภาวะที่เป็นอากาศบริสุทธิ์จะถูกวัดขึ้นเพื่อเป็นเก็บค่าเริ่มต้น (Baseline) จากนั้นสารประกอบที่ระเหยได้จากข้าวจะถูกพาให้เข้าไปทำปฏิกิริยากับ Sensor แล้ววัดค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไป ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้ ทั้งนี้สัญญาณตอบสนองที่นำมาใช้จะได้จากการคำนวณผ่านการคำนวณร่วมกับสัญญาณจากค่าเริ่มต้นดังสมการ

$(R_{Baseline} - R_{Sample}) / R_{Baseline}$

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องจมูกเทียมสามารถจำแนกความแตกต่างของรูปแบบกลิ่นของที่เกิดขึ้นในตัวอย่างข้าวแต่ละปัจจัยได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง (Kemsley, 1998) ซึ่งจากการนำข้อมูลที่ได้แต่ละ Sensor มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงโดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาการเก็บ พบว่า Sensor ชุด LY ซึ่งอยู่ใน Chamber ที่ 1 ได้แก่ LY/LG LY/G LY/AA LY/Gh LY/gCTI และ LY/gCT (ตัวที่ 1 ถึง 6 ตามลำดับ) และ Sensor ชุด P และ T ซึ่งอยู่ใน Chamber ที่ 2 ได้แก่ P10/2 และ P40/1 (ตัวที่ 9 และ 10 ตามลำดับ) ให้ลักษณะแบบแผนข้อมูลที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งส่งผลต่อความผิดพลาดต่อการนำไปสร้างแบบแผนของข้อมูล



ภาพที่ 3.2 แผนภาพแสดงการจำแนกองค์ประกอบหลักของข้าวขาวดอกมะลิในเดือนที่ 1 ที่แบ่งตามปัจจัยสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (HM105 หมายถึง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ PT1 หมายถึง ข้าวปทุมธานี 1)

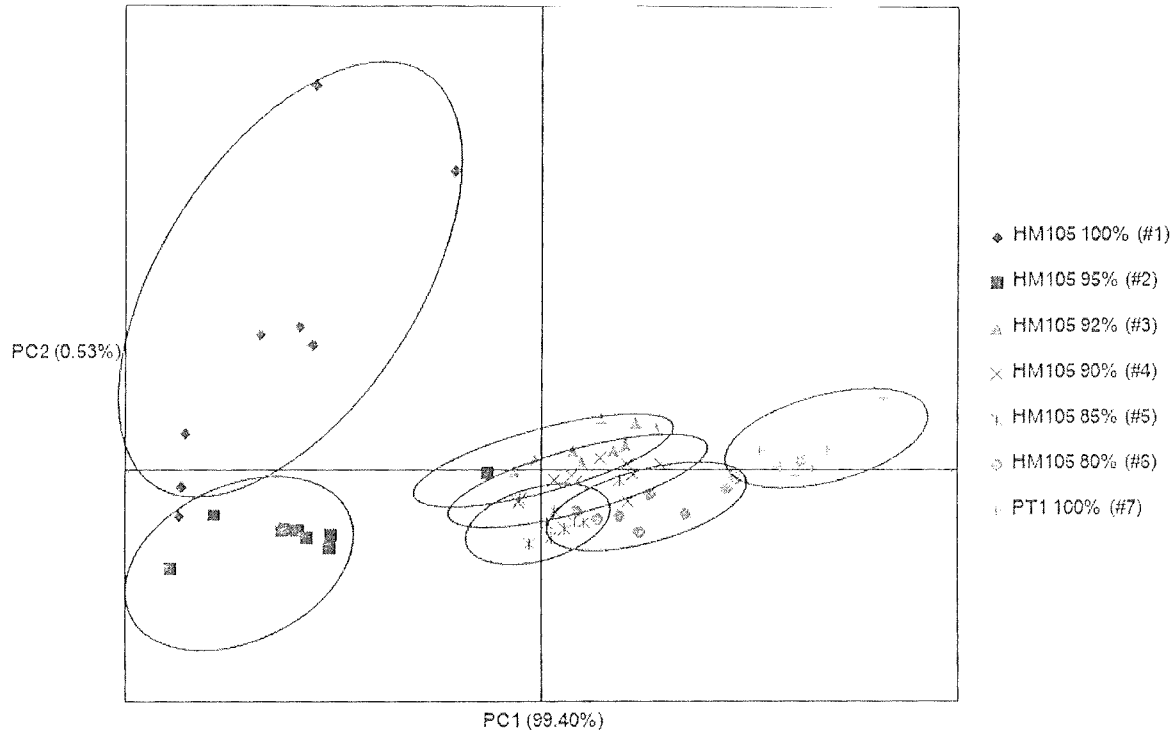
ในขณะที่ Sensor ชุด P และ T ได้แก่ T30/1 P10/1 T70/2 และ PA2 (ตัวที่ 7 8 11 และ 12 ตามลำดับ) มีความสัมพันธ์ของสัญญาณตอบสนองเทียบกับระยะเวลาการเก็บที่เป็นเส้นตรงในทุกๆ ตัว ดังนั้นในการสร้างแผนภาพ จึงนำ Sensor เพียง 4 ตัวที่อยู่ในชุด P และ T มาทำการสร้าง โดยแผนภาพที่ถูกวิเคราะห์ขึ้นจะแสดงในอันดับขององค์ประกอบหลัก (PC Score) ที่ 2 อันดับแรก ได้แก่

PC1 และ PC 2 ซึ่งแสดงระดับของความผันแปรของข้อมูล จากผลการทดลองพบว่า แกน PC1 และ PC2 มีค่าสูงถึงร้อยละ 77.10 และ 22.79 ตามลำดับ (ภาพที่ 3.2) แสดงให้เห็นว่าอันดับขององค์ประกอบหลักทั้งสองสามารถเป็นตัวแทนในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลของรูปแบบกลิ่นในผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมได้อย่างครอบคลุม (Sivakesava และ Irudayaraj, 2001)

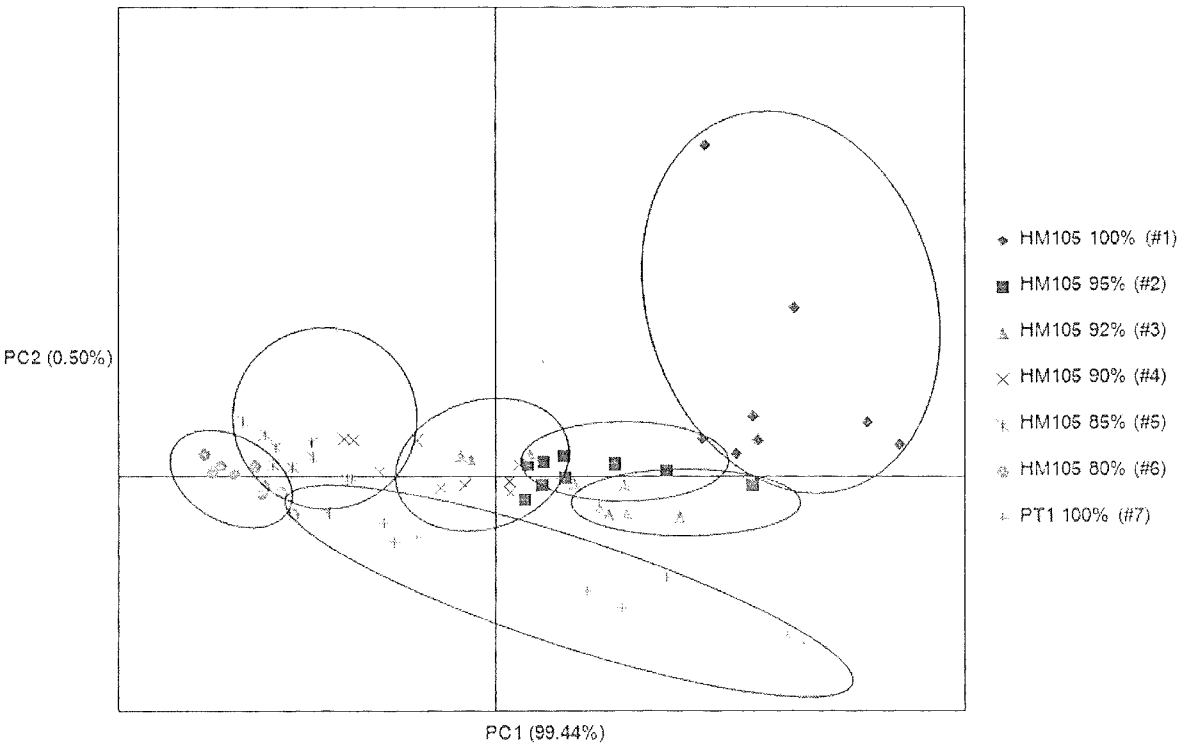
ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลทางเทคนิคของ Sensor ที่ใช้ในแง่ของความจำเพาะเจาะจงต่อกลุ่มสารประกอบทางเคมีแล้วพบว่าในชุด P และ T นี้จะมีความว่องไวต่อสารประกอบอินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นที่เกิดพบได้ในข้าวขาวดอกมะลิทั่วไป เช่น 2-อะซิทิล-1-ไพโรลีน, เฮกซาแนล, และรวมถึงสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างๆ เป็นต้น (Sunthonvit และคณะ, 2005) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบกลุ่มเอมีน, อัลดีไฮด์, สารประกอบอะโรมาติก, และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ในขณะที่ข้อมูลในชุด LY ที่ไม่ได้นำมาใช้นั้นพบว่าเป็นกลุ่มที่มีความว่องไวต่อสารประกอบกลุ่มอนินทรีย์มากกว่า เช่น ก๊าซพิษต่างๆ เป็นต้น (Alpha M.O.S., 2003)

จากเหตุผลดังกล่าวนี้นับเป็นผลดีในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อการลงทุนใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้ประกอบการหรืองานวิจัย เนื่องจากสามารถเลือกใช้ Sensor ที่เหมาะสมกับลักษณะงานที่สนใจได้ แต่ทั้งนี้เทคนิคและกระบวนการที่จะใช้ในการแยกความแตกต่างของข้อมูลก็นับเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน เนื่องจากจะเป็นประโยชน์ในกรณีที่จำนวนของกลุ่มข้อมูลมีขนาดใหญ่ และ/หรือกลุ่มข้อมูลที่ได้ยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นประโยชน์ที่ได้จากการเลือกใช้เทคนิคและกระบวนการในการจัดการข้อมูลที่เหมาะสมจะนำมาซึ่งความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ คือ การใช้เวลาสำหรับการวิเคราะห์ที่น้อยลง การเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ และการแปลผลการวิเคราะห์ที่ดีขึ้น (Pardo และคณะ, 2000)

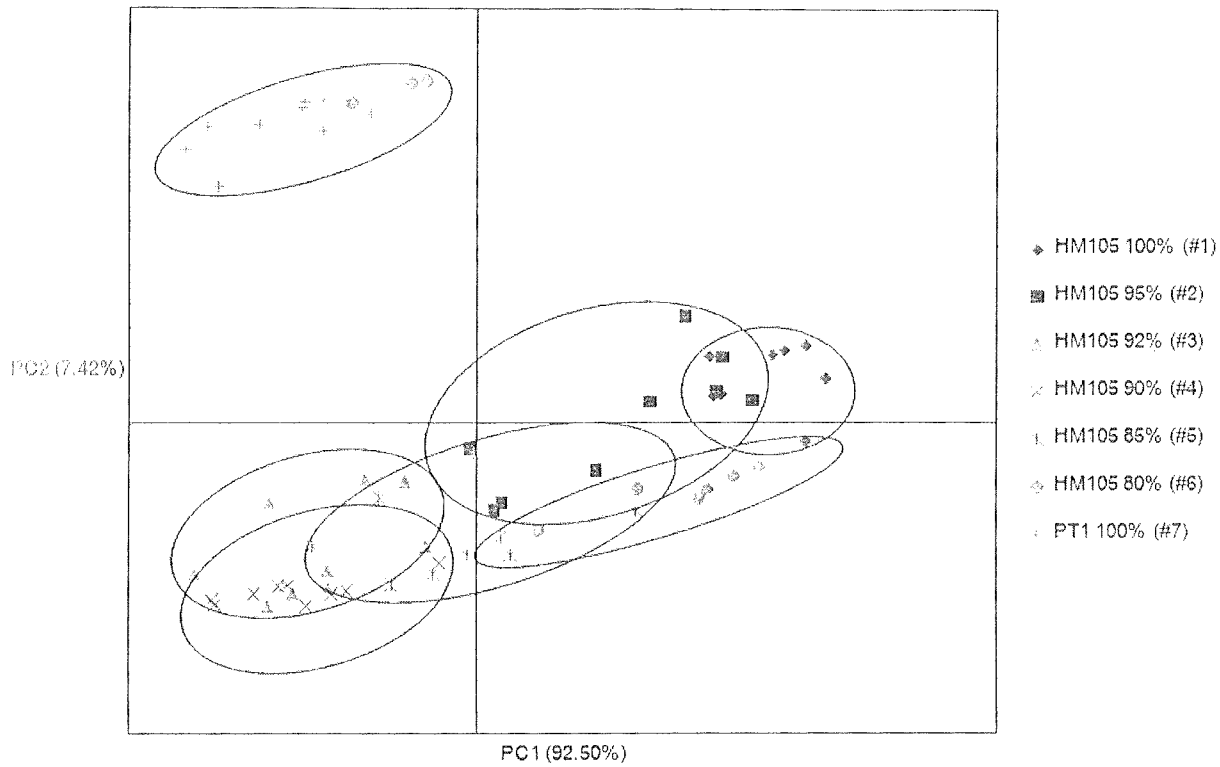
อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลด้านเวลาของการเก็บรักษา ยกตัวอย่างเช่นในเดือนที่ 2, 3, และ 5 (ภาพที่ 3.3, 3.4, และ 3.5) พบว่ารูปแบบของกลิ่นที่ได้จากปัจจัยการศึกษาแต่ละปัจจัยกลับไม่สามารถแยกได้ชัดเจนเช่นเดียวกับเดือนที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบที่มีอยู่ในข้าว โดยเฉพาะสารเฮกซาแนล ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์บอนิล ที่สามารถระเหยได้ และการเพิ่มขึ้นของเฮกซาแนลนี้ เป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญในการบ่งบอกการหืนในข้าว (Champagne และ Hron, 1993; Yasumatsu และคณะ, 1966; Laohakunjit และ Kerdchoechuen, 2007) เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ (off-flavor) และกลิ่นอับ (stale flavor) ในข้าว (Champagne และ Hron, 1993; Shibuya และคณะ, 1974; Laohakunjit และ Kerdchoechuen, 2007) ตลอดจนการลดลงของสารประกอบ 2-อะซิทิล-1-ไพโรลีน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นหลักของข้าวขาวดอกมะลิ ในระหว่างการเก็บรักษา (Sunthonvit และคณะ, 2005) ด้วยเหตุนี้ข้าวขาวดอกมะลิโดยทั่วไปจึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการหืนระหว่างการเก็บรักษาได้ง่ายกว่าข้าวที่ไม่มีกลิ่น (non-aromatic rice) ซึ่งย่อมส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของกลิ่นข้าวดังกล่าว



ภาพที่ 3.3 แผนภาพแสดงการจำแนกองค์ประกอบหลักของข้าวขาวดอกมะลิในเดือนที่ 2 ที่แบ่งตามปัจจัยสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (HM105 หมายถึง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ PT1 หมายถึง ข้าวปทุมธานี 1)



ภาพที่ 3.4 แผนภาพแสดงการจำแนกองค์ประกอบหลักของข้าวขาวดอกมะลิในเดือนที่ 2 ที่แบ่งตามปัจจัยสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (HM105 หมายถึง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ PT1 หมายถึง ข้าวปทุมธานี 1)



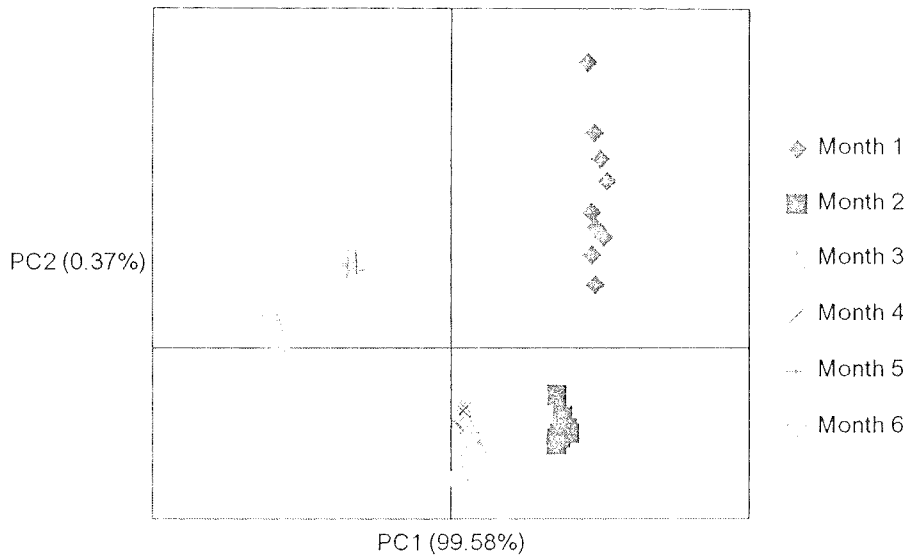
ภาพที่ 3.5 แผนภาพแสดงการจำแนกองค์ประกอบหลักของข้าวขาวดอกมะลิในเดือนที่ 5ที่แบ่งตามปัจจัยสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (HM105 หมายถึง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ PT1 หมายถึง ข้าวปทุมธานี 1)

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงความสามารถในการจำแนกความแตกต่างของรูปแบบกลิ่นเฉพาะปัจจัยที่มีข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 เป็นองค์ประกอบหลักเพียงอย่างเดียวจะพบว่ารูปแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่ได้นั้นยังสามารถจำแนกปัจจัยดังกล่าวทั้ง 2 ออกได้ค่อนข้างชัดเจน แต่หากมีการผสมกันระหว่างข้าวทั้ง 2 ตัวอย่างกลับพบว่าความสามารถในการจำแนกรูปแบบกลิ่นนั้นลดลง

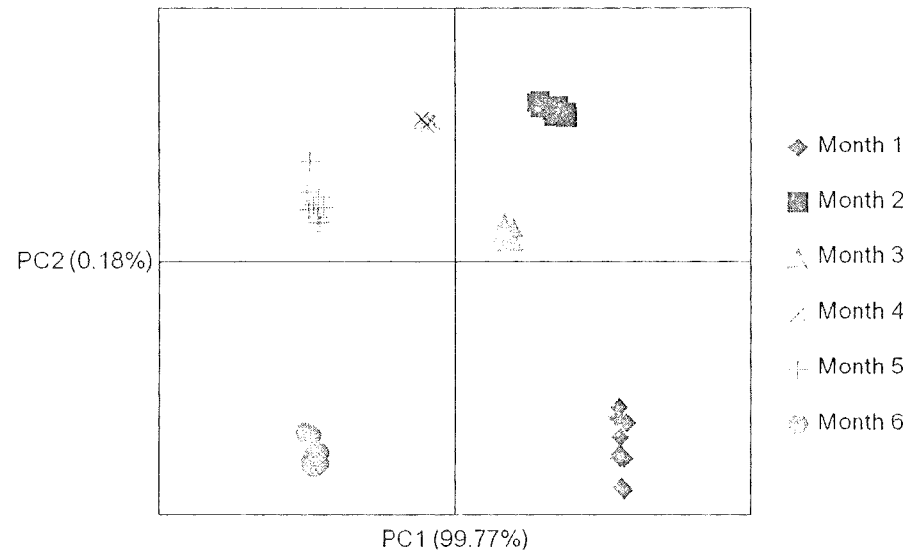
3.3.2 การจำแนกเวลาการเก็บรักษาของข้าวด้วยเครื่องจมูกเทียม

จากข้อมูลที่ได้จากเครื่องจมูกเทียมสามารถนำมาวิเคราะห์โดยเลือกปัจจัยศึกษาที่มีข้าวขาวดอกมะลิทั้ง 2 ตัวอย่างเป็นองค์ประกอบหลักเพียงอย่างเดียว ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ปัจจัยที่ 7 ข้าวปทุมธานี 1 ซึ่งเมื่อนำผลของทั้ง 2 ปัจจัยมาประเมินร่วมกับระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าเครื่องจมูกเทียมสามารถแยกระยะเวลาการเก็บรักษาของข้าวแต่ละตัวอย่างได้อย่างชัดเจน ด้วยเทคนิควิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (ภาพที่ 3.6 และ 3.7) โดยมีระดับขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 ในการวิเคราะห์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ร้อยละ 99.58 และ 0.37 ตามลำดับ ส่วนข้าวปทุมธานี 1 จะอยู่ที่ร้อยละ 99.77 และ 0.18 ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าข้อมูลที่

นำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนที่ดีและถูกต้องสำหรับการนำมาประเมินผล (Sivakesava และ Irudayaraj, 2001)

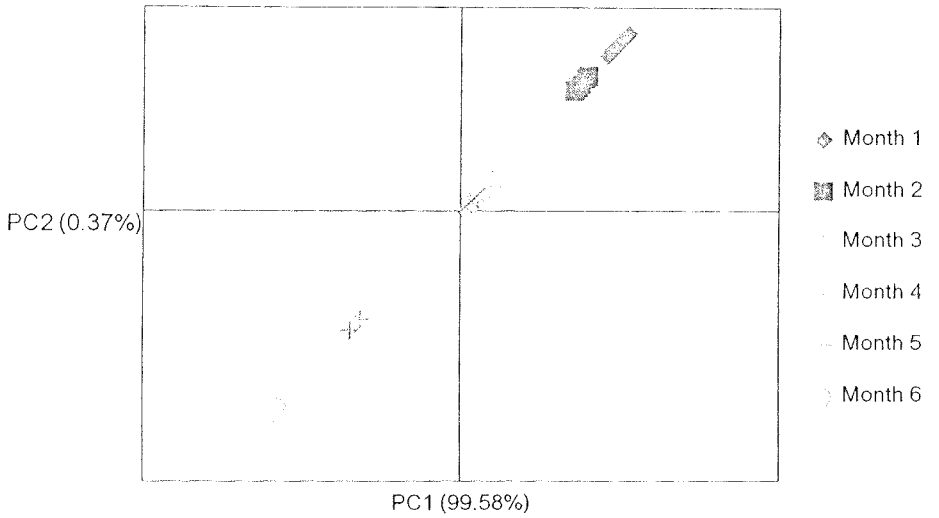


ภาพที่ 3.6 การจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษา

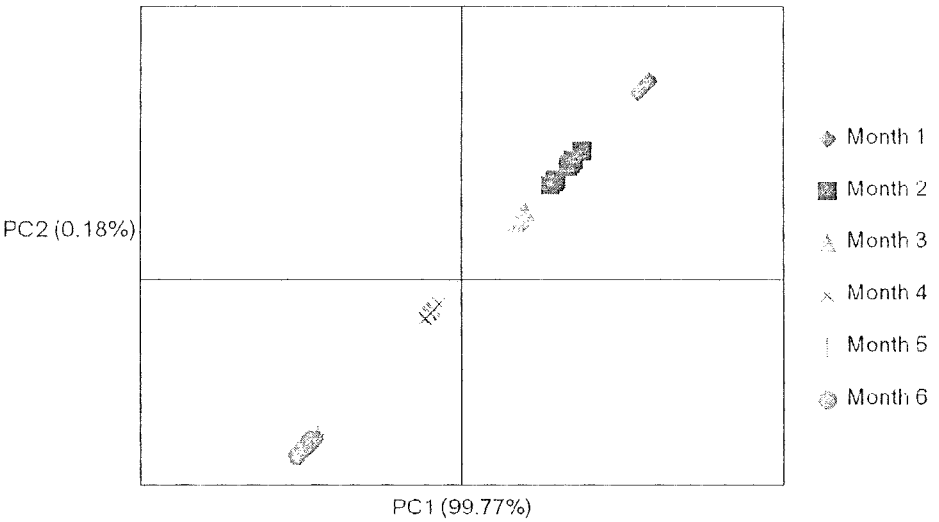


ภาพที่ 3.7 การจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าวปทุมธานี 1 ในระหว่างการเก็บรักษา

ทั้งนี้เนื่องจากระดับขององค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) ของการวิเคราะห์ข้าวทั้ง 2 ตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่สูง คือร้อยละ 99 จึงอาจนำมาประเมินผลในอีกรูปแบบหนึ่งได้คือ การใช้เฉพาะองค์ประกอบหลักที่ 1 เพียงอย่างเดียวในการวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถติดตาม และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลองได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 3.8 และ 3.9)



ภาพที่ 3.8 การจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้เฉพาะองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1:PC1)



ภาพที่ 3.9 การจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าวปทุมธานี 1 ในระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้เฉพาะองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1:PC1)

จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักแสดงให้เห็นว่ารูปแบบของกลิ่นในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ในขณะที่ระยะเวลาที่เดือนอื่นๆ นั้นจะสามารถแยกความแตกต่างของรูปแบบกลิ่นได้อย่างชัดเจน ส่วนข้าวปทุมธานี 1 นั้นกลับพบว่ารูปแบบกลิ่นที่ใกล้เคียงกันจะพบได้ในช่วงเดือนที่ 5 และ 6 ซึ่งจากประเด็นดังกล่าวนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการคงอยู่ และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของกลิ่นที่เกิดขึ้นในข้าวขาวดอกมะลิแต่ละตัวอย่าง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสังเกตลักษณะ และระยะเวลาที่เก็บรักษาได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลการวิเคราะห์ที่ได้ดังกล่าวนี้เป็นเพียงการนำข้าวขาวดอกมะลิทั้ง 2 ตัวอย่างที่ช่วง

ระยะเวลาการเพาะปลูกเดียวเท่านั้น ทำให้ไม่อาจเป็นตัวแทนของข้าวขาวดอกมะลิทั้ง 2 ตัวอย่างที่ปลูกในทุกพื้นที่ของประเทศไทยได้ เนื่องจากความแตกต่างของสภาวะการเพาะปลูก สภาพดินฟ้าอากาศ ตลอดจนการจัดการระหว่างเก็บเกี่ยวต่างๆ ย่อมมีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบของกลิ่นที่ได้ในข้าวแต่ละตัวอย่าง

3.4 สรุปผลการทดลอง

เครื่องจมูกเทียม สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกความแตกต่างรูปแบบกลิ่นของตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ข้าวปทุมธานี 1 ได้ โดยต้องมีการคัดเลือก Sensor ให้เหมาะสมกับการติดตามการเปลี่ยนแปลงรูปแบบกลิ่น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และประเมินได้แม่นยำมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าความสามารถในการจำแนกรูปแบบกลิ่นของข้าวลดลงเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณและองค์ประกอบของสารประกอบที่มีกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษา แต่หากพิจารณาเฉพาะข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 ที่ไม่ได้มีการผสมกันพบว่าการใช้เครื่องจมูกเทียมจะสามารถแยกความแตกต่างของรูปแบบกลิ่นได้อย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

3.5 เอกสารอ้างอิง

Alpha MOS. 2002. Technical note: Sensors used in the FOX. Toulouse, France: Alpha MOS.

Capone S., Epifani M., Quaranta F., Siciliano P., Taurino A., and Vasanelli L. 2001. Monitoring of rancidity of milk by means of an electronic nose and a dynamic PCA analysis. Sensors and Actuators B: Chemistry. 78:174-9.

Dutta R., Kashwan K.R., Bhuyan M., Hines E.L., and Gardner J.W. 2003. Electronic nose based tea quality standardization. Neural Networks. 16:847-53.

Gardner J., and Bartlett P. 1994. A brief history of electronic nose. Sensors and Actuator B: Chemistry. 18/19:211.

Innawong B, Mallikarjunan P., and Marcy JE. 2004. The determination of frying oil quality using a chemosensory system. Lebensm-Wiss Technol. 37:35-41.

Kemsley EK. 1998. Case Studies. In: Kemsley E.K. Discriminant Analysis and Class modeling of spectroscopic data. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons Ltd. 179 p.

Rajamaki T., Alakomi H.L., Ritvanen T., and Skytta E. 2006. Application of an electronic nose for quality assessment of modified atmosphere packed poultry meat. Journal of Food Control. 17:5-13.

Rittiron R., Saranwong S., and Kawanob S. 2005. Detection of contamination in milled

Japanese rice using a single Kernel near infrared technique in transmittance mode. Journal of Near infrared Spectroscopy. 13:19-25.

Sivakesava S., and Irudayaraj J. 2001. Prediction of inverted cane sugar adulteration of honey by Fourier transform infrared spectroscopy. Journal of Food Science. 66(7):972-978.

Sunthonvit N., Srzednicki G., and Craske J. 2005. Effects of high temperature drying on the flavor components in Thai fragrant rice varieties. Drying Tech. 23(7):1407-1418.

Trihaas J., Vognsen L., and Nielsen P.V. 2005. Electronic nose: New tool in modeling the ripening of Danish blue cheese. International Dairy Journal. 15:679-91.

Vinaixa M., Vergara A., Duran C., Llobet E., and Badia C. 2005. Fast detection of rancidity in potato crips using e-nose based on mass spectrometry or gas sensors. Sensors and Actuators B: Chemistry. 106:67-75.

Wongpornchai S., Dumri K., Jongkaewwattana K., and Siri B. 2004. Effect of drying method and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv . Khoa Dawk Mali 105. Food Chemistry. 87:407-418.

Zheng X., Lan Y., Zhu J., Westbrook J., Hoffmann W.C., and Lacey R.E. 2009. Rapid identification of rice samples using an electronic nose. Journal of Bionic Engineering. 6:290-297.

Zhoua Z., Robardsa K., Helliwella S., and Blanchardb C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. Food research International. 36:625-634.

Pardo M., Sberveglieri G., Gardini S., and Dalcanale E. 2000. A hierarchical classification scheme for an Electronic Nose. Sensors and Actuators B: Chemical. 69:359-65.

Champagne E.T., and Hron R.J.Sr. 1993. Utilizing ethanol containing an antioxidant or chelator to produce stable brown rice products. Cereal Chemistry. 70: 562-567.

Yasumatsu K., Moritaka S., and Wada S. 1966. Studies on cereals. Part IV. Volatile carbonyl compounds of cooked rice. Agricultural and Biological Chemistry. 30:478-482.

Laohakunjit N., and Kerdchoechuen O. 2007. Aroma enrichment and the change during storage of non-aromatic milled rice coated with extracted natural flavor. Food Chemistry. 101: 339-344.

Shibuya N., Iwasaki T., Yanase H., and Chikubu S. 1974. Studies on deterioration of rice during storage. I. Changes of brown rice and milled rice during storage. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology. 21: 597.