บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การวิเคราะห์โครงร่างทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน ด้วยวิธีการสร้างโครงร่างทางกลิ่นรส (Flavour Profile: FP)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์อาหารใดๆ มักนิยมใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน โดยมีกระบวนการและขั้นตอนเชิงวิเคราะห์ถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์และวัดระดับความเข้มในแต่ละลักษณะนั้น ผู้ประเมินที่สามารถใช้วัดความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสได้นี้ จะต้องผ่านการฝึกฝนให้มีความเที่ยงในการวัด เพื่อให้เป็นมาตรฐานเสมือนหนึ่งเป็นเครื่องมือ ซึ่งอาจเป็นมาตรฐานเท่ากันของผู้ประเมินทั้งกลุ่มหรือมาตรฐานเฉพาะบุคคลนั้นๆ โดยที่แต่ละครั้งที่วัดโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนเดียวกัน ในตัวอย่างเดียวกันก็ควรให้ค่าความเข้มของลักษณะต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ในการฝึกฝน (Meilgaard et al., 1999)

เนื่องจากงานวิจัยนี้สนใจการประเมินความเข้มทางด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกที่ผู้บริโ ภครับรู้ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้การประเมินเชิงพรรณนาวิธี FP ใช้ในการสร้างเค้าโครงลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์จากผู้ประเมินที่มีความเที่ยงตรงในการประเมินจากการฝึกฝน ร่วมกับการนำตัวอย่างน้ำพริกไปทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค FP เป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Arthur D. Little Consulting Group ในปี ค.ศ. 1940 โดยระบุขั้นตอนการฝึกฝนผู้ประเมิน เพื่อให้สามารถจำแนกกลิ่นรสในอาหารและความเข้มของกลิ่นรสที่รับรู้นั้นได้ (Lawless and Heymann 1998)

ขั้นตอนการประเมินเชิงพรรณนาโดยวิธีการสร้างโครงร่างทางกลิ่นรสประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1) การคัดเลือกผู้ประเมิน

การคัดเลือกเบื้องต้นจะพิจารณาจากความสะดวกในการเข้าร่วมโครงการ สุขภาพของผู้ประเมิน และความรู้เกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ จากนั้นผู้ประเมินต้องผ่านการทดสอบความสามารถในการระบุและแยกแยะ กลิ่นและรสพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง สามารถตรวจวัดลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างพรรณนาลักษณะทางประสาทสัมผัสและวัดความเข้มซ้ำได้อย่างถูกต้อง (Meilgaard et al., 1999) โดยจำนวนผู้ที่ผ่านการคัดเลือกและได้ผ่านเข้าฝึกฝนในวิธี FP ควรมีจำนวน 5-8 คน (International Organization for Standardization 1985)

2) การฝึกฝนผู้ประเมิน

การฝึกฝนทำให้ผู้ประเมินมีความไวทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์มากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ผู้ประเมินมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์และลักษณะของผลิตภัณฑ์ ทำให้พัฒนาคำศัพท์ที่อธิบายลักษณะเหล่านี้เข้าใจร่วมกัน เพื่อปรับปรุงความสามารถของผู้ประเมินให้มีความแม่นยำ ผู้ประเมินจะถูกฝึกฝนโดย "ตัวอย่างอ้างอิง (Reference Sample)" เป็นตัวแทนของตัวอย่างที่ใช้ในการประเมิน ร่วมกับการใช้ "ตัวอย่างอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Standard)" เพื่อให้บ่งชี้ระดับความเข้มของกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง การใช้ตัวอย่างอ้างอิงและคำอธิบายของลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่ละลักษณะ ได้ถูกคิดค้นขึ้นมาในระหว่างโปรแกรมการฝึกฝน

การใช้ตัวอย่างอ้างอิงที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงความถูกต้องของคำศัพท์ที่ใช้วัดได้ (Lawless and Heymann 1998) โดยใช้เวลาในการฝึกฝน 2 - 3 สัปดาห์ขึ้นไป หรือการฝึกฝนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่จำเพาะเจาะจงสามารถที่จะฝึกฝนให้สำเร็จได้ในช่วงเวลาสั้นๆ (International Organization for Standardization 1985; Lawless and Heymann 1998) ขั้นตอนการฝึกฝนมีดังต่อไปนี้

2.1) การพัฒนาคำศัพท์อธิบายลักษณะกลิ่นและรส

ทีมผู้ประเมินทำงานร่วมกันเพื่อกำหนดลักษณะที่ใช้ในการอธิบายคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือเหมือนกันมาวิเคราะห์เพื่อสร้างกรอบของการศึกษา (วิวัฒน์ หวังเจริญ 2547) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ถูกนำมาวิเคราะห์และลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมดที่รับรู้ได้จะถูกบันทึกเป็นกลิ่น (Odor) รส (Taste) ความรู้สึกในปาก (Mouth feel) และรสตกค้าง (After taste) เขียนคำศัพท์ที่รับรู้ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่ออธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสที่รับรู้ได้นั้นอย่างเต็มที่ ผู้ประเมินทุกคนต้องเห็นพ้องร่วมกันต่อชุดคำศัพท์ที่สอดคล้องหรือมีความสัมพันธ์กันมากที่สุดในการอธิบายลักษณะกลิ่นรสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบ จากนั้นกำหนดคำศัพท์ คำจำกัดความ (คำนิยาม คำอธิบายหรือคำคุณศัพท์) และตัวอย่างอ้างอิงมาตรฐานของลักษณะที่จะใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์

2.2) การใช้สเกล

ผู้ประเมินต้องถูกฝึกให้คุ้นเคยต่อการใช้สเกล และถูกทดสอบความสามารถในการใช้สเกลให้ได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถทำได้โดยผู้ประเมินจะได้รับตัวอย่างอ้างอิงซึ่งเป็นตัวแทนของตัวอย่างที่ทดสอบและหัดประเมินโดยใช้วิธีต่างๆ เช่น วิธี Ascending Forced Choice (AFC) เป็นวิธีที่นิยมใช้เป็นวิธีมาตรฐาน เนื่องจากผู้ประเมินสามารถระบุระดับความเข้มข้นที่ถูกต้องได้ โดยไม่ทำให้เกิดการปรับตัวของการรับรู้ (Adaptation) และความอ่อนล้า (Fatigue) จากการทดสอบได้ง่าย (Lawless and Heymann 1998) วิธี AFC นี้เป็นทฤษฎีการวัดค่าความเข้มต่ำสุดที่รับรู้กลิ่นและรสได้ (Threshold measurement) โดย

2.2.1) การปรับความเข้มข้นของสารสิ่งเร้าให้เพิ่มอย่างมีระบบเป็นอนุกรม จากตัวอย่างอ้างอิงที่ความเข้มข้นเป็นศูนย์จนกระทั่งถึงระดับความเข้มข้นที่ผู้ประเมินรับรู้ว่ามีกลิ่นรสนั้นๆ

2.2.2) การทดสอบสารตัวอย่างสิ่งเร้าทีละคู่ ทำให้การรับรู้ความเข้มในลักษณะนั้นๆ เพิ่มขึ้นตามลำดับจนผู้ประเมินสามารถระบุได้ว่าตัวอย่าง 2 ตัวอย่างใดๆ มีระดับความเข้มต่างกัน (Difference threshold)

2.2.3) การทดสอบโดยให้ผู้ประเมินทำการประเมินเพียงครั้งเดียว ไม่มีการทดสอบซ้ำเพราะอาจจะทำให้เกิดข้อเสียในเรื่องของการปรับตัวของการรับรู้รสหรือการจำตัวอย่าง ซึ่งมีผลต่อความไวในการรับรู้ที่ช้าลงได้ ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว อาจทำได้โดยการเว้นระยะเวลาในการชิมตัวอย่างถัดไปอย่างน้อย 30 วินาที

2.3) การประเมินศักยภาพของผู้ที่ฝึกฝน

ความสามารถและความไวต่อการทดสอบเพิ่มขึ้นได้เมื่อได้รับการฝึกฝนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการคัดเลือกไม่ควรเข้มงวดมากเกินไป Meilgaard et al., (1987) ให้คำแนะนำว่า ถ้าผู้สมัครเพื่อเข้าร่วมการทดสอบมีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ในการทดสอบความแตกต่างแบบ Triangle test ชนิดง่าย หรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ขึ้นไปในการทดสอบแบบ Triangle test ชนิดยากปานกลาง ควรผ่านการคัดเลือกเพื่อฝึกฝนเป็นผู้ประเมินต่อไป

3) การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน

ผู้ประเมินแต่ละคนจะประเมินตัวอย่างครั้งละ 1 ตัวอย่างเท่านั้นในการประเมินความเข้มของผลิตภัณฑ์ และไม่มีการทดสอบชิมตัวอย่างย้อนกลับไป-มา ข้อมูลที่ได้จากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยวิธีวิเคราะห์โครงร่างกลิ่นรสแบบเดิม (Kane 1992 cited in Meilgaard et al., 1987) เป็นข้อมูลที่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลโดยวิธีการสถิติทั่วไปได้ ภายหลังจึงมีการปรับปรุงวิธีการใหม่โดยใช้ระบบตัวเลขในการวัดความเข้มของลักษณะที่สนใจ โดยสเกลที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสเกลเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร (Line scale) มีการเพิ่มจำนวนผู้ประเมินให้มากขึ้น และใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มแทนการตกลงร่วมกันของผู้ประเมินในกลุ่ม และข้อมูลสามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Lawless and Heymann 1998)

ลำดับขั้นตอนในการประเมินโครงร่างกลิ่นรสมีดังนี้ (International Organization for Standardization 1985; American Society for Testing Materials 1992)

1) การระบุลักษณะทางกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประเมินรับรู้ได้

2) การประเมินลำดับในการรับรู้ลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

3) การประเมินระดับความเข้มของแต่ละลักษณะ

4) การประเมินหลังกลืนตัวอย่าง และ/หรือการวัดรสตกค้างภายในปาก (Aftertaste)

(ความรู้สึกที่ยังคงอยู่หลังจากการกลืนตัวอย่างไปแล้วประมาณ 1 นาที อาจเป็นรสพื้นฐาน กลิ่น หรือความรู้สึกที่เกี่ยวข้อง หรือรวมๆ กัน)

5) การประเมินคุณภาพโดยรวมของกลิ่นรส

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินลักษณะกลิ่นรสทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนด้วยวิธี Flavour Profile สามารถนำไปสร้างความสัมพันธ์กับข้อมูลกลิ่นรสจากการวัดโดยเครื่องมือ เช่น GC-MS เพื่อให้ทราบถึงลักษณะด้านกลิ่นรสที่สำคัญ ที่สัมพันธ์กับกลิ่นรสที่ผู้บริโภคได้รับเมื่อมีการดม และชิมตัวอย่าง เมื่อนำไปผนวกกับข้อมูลความชอบจากผู้บริโภค จะทำให้สามารถนำไปใช้ในการปรับ หรือพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ โดยการสร้างผังความชอบ เพื่อจัดกลุ่มลักษณะด้านกลิ่นรสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับต่อไปได้ (Lawless and Heymann 1998)

ตัวอย่างงานวิจัยของ ทิพสุคนธ์ บุญรอด และคณะ (2550) ที่ศึกษาอิทธิพลของพืชอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ต่อกลิ่นของน้ำนมแพะ ดำเนินการในฟาร์มเลี้ยงแพะของเกษตรกร 2 ฟาร์ม เทียบกับฟาร์มมาตรฐานที่ผลิตทางการค้า ใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาวิธี FP ใช้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกลิ่น (Flavorist) เป็นผู้ประเมิน ใช้สเกล 5 ระดับ (5-Point scale) ตามวิธี Descriptive for Flavor Profile (Caul 1957 อ้างถึงใน ทิพสุคนธ์ บุญรอด และคณะ 2550) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารระเหยโดยใช้ Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) ด้วยเทคนิค SPME (Solid Phase Microextraction) สำหรับอาหารที่ใช้สำหรับการเลี้ยงแพะฟาร์มที่ 1 คือ กระถินและอาหารข้น ฟาร์มที่ 2 คือ หญ้าขนสด เปลือกถั่วเหลือง และต้นข้าวโพด และฟาร์มมาตรฐาน คือ หญ้าแห้ง และอาหารผสมเสร็จ (TMR) เมื่อนำน้ำนมแพะมาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารระเหย พบว่ากลิ่นของน้ำนมแพะฟาร์มที่ 1 มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ Isopropyl myristate และ Diethyl phthalate ฟาร์มที่ 2 ได้แก่ 1-Nonanol และ Acetaldehyde และฟาร์มมาตรฐาน ได้แก่ เฮกซานอล (Hexanal) และ1-Nonanol ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำนมแพะจากฟาร์มที่ 1 และฟาร์มที่ 2 มีกลิ่นหืนสูงกว่าฟาร์ม

มาตรฐาน และคะแนนความพอใจกลิ่นรสจากการชิม (Flavor-by-mouth) ของน้ำนมแพะจากฟาร์มที่ 1 อยู่ในระดับพอใจปานกลาง ส่วนฟาร์มที่ 2 อยู่ในระดับพอใจน้อย และฟาร์มมาตรฐานอยู่ในระดับไม่พอใจ และถึงแม้ว่าน้ำนมแพะจากฟาร์มทดลองทั้ง 2 มีกลิ่นหืนสูงกว่าจากฟาร์มมาตรฐาน แต่ความพอใจโดยรวมทางด้านกลิ่น (Aroma) ของน้ำนมแพะจากฟาร์มทั้ง 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

Dwivedi et al., (2006) ศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (Lipid oxidation) ของเครื่องเทศ 5 ชนิด ของชาวจีนได้แก่ กานพลู (Cloves) พริกไทย (Pepper) เม็ดยี่หร่า (Fennel) อบเชย (Cinnamon) และโป๊ยกั๊ก (Star anise) ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เนื้อบดที่ถูกเก็บไว้ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 2°ซ และติดตามลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 13 คน ใช้สเกล 5 ระดับ (5-Point scale) ผู้ประเมินถูกถามเกี่ยวกับความเข้มของกลิ่นเนื้อบด กลิ่นเหม็นหืน และกลิ่นเครื่องเทศ

การสร้างเค้าโครงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์วิธีอื่นๆ อาจทำได้โดยวิธี Ratio Profile (จินตนา อุปดิสสกุล และ จีรภา จั่นบำรุง 2550) ในการศึกษาสูตรของน้ำจิ้มสะเต๊ะกระป๋องที่จะทำให้ใช้ถั่วลิสงได้ปริมาณมากที่สุด และผลิตภัณฑ์มีลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธี Ratio Profile สร้างโครงร่างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ทดลองในเชิงเปรียบเทียบกับระดับความเข้มของลักษณะในอุดมคติ ได้ผลการคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณถั่วลิสงร้อยละ 7 และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดพอดี

Lotong et al., (2003) ได้ใช้วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ประเมินลักษณะกลิ่นรสของน้ำส้มเชิงการค้า 23 ชนิด ที่มีสูตร กระบวนการผลิต และการบรรจุแตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะกลิ่นรสของน้ำส้ม แยกผลิตภัณฑ์น้ำส้มโดยใช้ลักษณะกลิ่นรส และการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ภายในกลุ่มของน้ำส้มประเภทเดียวกันโดยใช้สเกล 15 ระดับ (15-Point scale) (ไม่ระบุจำนวนผู้ประเมิน) ผู้ประเมินสามารถระบุลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำส้มได้ 24 ลักษณะ และโดยน้ำส้มที่ผ่านกระบวนการผลิตรูปแบบเดียวกันให้ลักษณะกลิ่นรสหลักที่คล้ายกัน อย่างไรก็ตามความแตกต่างของสูตรและการบรรจุมีผลต่อลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำส้มด้วย

วิธี Ratio Profile เป็นวิธีที่ง่ายต่อการวิเคราะห์และตีความ อีกทั้งยังใช้เวลาน้อย แต่วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีข้อจำกัด คือ เป็นวิธีการที่ยึดความต้องการหรือความนิยมจากผู้บริโภคเป็นหลักดังนั้นการสร้างผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Idea profile) จึงต้องสร้างจากข้อมูลความคิดเห็นจากตัวแทนผู้บริโภคจำนวนมาก นอกจากนี้การใช้สเกลเส้นตรงที่มีความไวมาก อาจทำให้ผู้ใช้สเกลไม่มีความแม่นยำ (ไม่คงที่) ในการใช้สเกล จึงทำให้ค่าความเข้มที่ประเมินได้มีความคลาดเคลื่อนไม่แน่นอนและความแม่นยำของวิธีการทดสอบต่ำ (ศจี สุวรรณศรี 2551) ในขณะที่วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) แม้จะถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาที่อาจเกิดจากความคิดเห็นของคนๆ เดียวเกี่ยวกับข้อตกลงในคำศัพท์ที่ใช้ในวิธี FPแบบดั้งเดิม และใช้เวลาน้อยกว่า (Lawless and Heymann 1998) แต่ไม่ได้เป็นวิธีการฝึกฝนที่มีความเฉพาะเจาะจงในลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ตามองค์ประกอบของการประเมินที่เหมาะสม ซึ่งสรุปได้ว่าวิธี FP เป็นวิธีที่ให้รายละเอียดเพื่ออธิบายเฉพาะลักษณะกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ ผู้ประเมินเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝนอย่างเฉพาะเจาะจงในด้านกลิ่นรส ถ้าได้รับการฝึกฝนเป็นอย่างดี และข้อมูลความเข้มทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธี FP จะมีความถูกต้องและเชื่อถือได้มาก (Cardello and Maller 1987)

1.1 ผลของความเผ็ดตกค้างและการลดความเผ็ดร้อนในการประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารแคปไซซินเป็นส่วนประกอบอาจมีผลทำให้ผู้ประเมินรับรู้ความเข้มของลักษณะต่างๆในผลิตภัณฑ์คลาดเคลื่อนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการประเมินระดับความเผ็ดร้อนในตัวอย่างถัดไป ซึ่งอาจเกิดผลตกค้างและความเผ็ดร้อนสะสมจากการชิมตัวอย่างก่อนหน้า ความรู้สึกเผ็ดร้อนที่เกิดจากแคปไซซินทำให้เกิดการระคายเคืองของเซลล์เส้นประสาทรับความรู้สึก (Trigeminal nerve) ซึ่งเป็นเซลล์ที่รับความรู้สึกเจ็บปวด (Painful) ในปากและจมูก ประสาทรับความรู้สึกจะหลั่ง substance P ซึ่งเป็นสารสื่อสัญญาณประสาท (Chemical messenger) จากนั้นจะส่งสัญญาณความเจ็บปวดไปตามเส้นใยประสาท สู่เส้นประสาทที่เกี่ยวข้องบริเวณสมองที่เรียกว่า เส้นใยซี (C fibers) (William et al., 1996) ความรู้สึกปวดแปลบหรือปวดแสบปวดร้อนจากจุดรับรสใช้เวลาประมาณ 2 ถึง 3 วินาที จึงจะรู้สึก และความรู้สึกที่เกิดขึ้นจะคงอยู่ได้พักใหญ่ นอกจากนี้สารแคปไซซินสามารถละลายในน้ำได้เพียงเล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในไขมัน น้ำมัน และแอลกอฮอล์ ดังนั้นถ้าต้องการบรรเทาความเผ็ดของอาหารในปาก ควรดื่มแอลกอฮอล์หรือรับประทานอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบจะช่วยลดความเผ็ดได้มากกว่าการดื่มน้ำ เพราะน้ำที่ดื่มมีผลเพียงช่วยบรรเทาอาการแสบร้อนได้เท่านั้น แต่ความเผ็ดยังไม่ได้ลดลง เพราะว่าน้ำละลายสารดังกล่าวได้ไม่มาก (ชวนพิศ อรุณรังสิกุล 2547)

นอกจากนี้เมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้ความเผ็ดร้อนซ้ำๆ อาจทำให้ผู้บริโภคมีสภาวะความไวในการรับรู้ต่อกลิ่นรสเพิ่มขึ้น(Sensitization) หรือลดลง (Desensitization) โดย Sensitization เกิดได้ในกรณีของการชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ให้ความเผ็ดร้อน และเกิดขึ้นก่อน Desensitization ซึ่งเป็นสภาวะความไวในการรับรู้ต่อความเข้มของกลิ่นรสได้ช้า หรือลดลง เนื่องจากมีการชิมตัวอย่างที่ให้ความเผ็ดร้อนซ้ำๆ กันหลายตัวอย่าง หรือการชิมตัวอย่างที่มีความเผ็ดร้อนสูงขึ้นเป็นเวลาติดต่อกันนานๆ สาเหตุดังกล่าวอาจจะเกี่ยวข้องกับผลของความตกค้าง (Carry-over effect) จากตัวอย่างที่ชิมก่อนหน้า (Stevens and Lawless 1987 cited in Dowell et al. 2005) หรือช่วงระยะห่างระหว่างการนำเสนอตัวอย่างถัดไปให้แก่ผู้ประเมิน (Green 1989 cited in Dowell et al. 2005) รวมทั้งชนิดของสารที่ใช้ในการทำความสะอาดปากและลิ้นซึ่งอาจมีผลต่อการช่วยลดความเผ็ดร้อนได้ (Green 1986; Cowart 1987; Stevens and Lawless 1986; Nasrawi and Pangborn 1989 อ้างถึงใน Hutchinson et al. 1990)

การเกิดสภาวะ Sensitization หรือ Desensitization อาจขึ้นอยู่กับเวลาที่ต่อมรับรสบนลิ้นถูกกระตุ้น (Allison et al. 1999a cited in Dowell et al. 2005) และอาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น องค์ประกอบทางกายภาพ (Green, 1989; Karrer and Bartoshuk 1991; Balaban et al. 1999 cited in Dowell et al. 2005) พบได้ในการทดสอบความเข้มของสารแคปไซซินในตัวอย่างที่มีองค์ประกอบของส่วนผสมที่ซับซ้อน หรือเป็นจากกระบวนการเคี้ยวและกลืนที่เกิดขึ้นขณะรับประทานอาหาร และด้วยสรีระที่แตกต่างกันของผู้ประเมินแต่ละคน ดังนั้นในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ที่มีความเผ็ดซ้ำควรใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสม และการฝึกฝนให้ผู้ประเมินมีความชำนาญกับการระบุความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงมาตรฐานก่อนการทดสอบจริงจะช่วยให้ความแปรปรวนของข้อมูลลดน้อยลง

Allison et al. (1999 cited in Dowell et al. 2005) ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนาประเมินความเผ็ดร้อนที่ระดับปานกลางในผลิตภัณฑ์ซอสซัลซ่า (Salsa) โดยศึกษาช่วงเวลาในการกระตุ้นสิ่งเร้าให้แก่ผู้ประเมิน (Interstimulus interval) พบว่าเวลาช่วงสั้นๆ ระหว่างการทดสอบชิมแต่ละตัวอย่าง (น้อยกว่า 4 นาที)

ทำให้เกิดสภาวะ Sensitization และเมื่อใช้ช่วงเวลาปานกลาง (ประมาณ 4 นาที) จะทำให้เกิด Desensitization ขณะที่การใช้ช่วงเวลาที่นานขึ้น (มากกว่าหรือเท่ากับ 8 นาที) เป็นผลให้ไม่ปรากฏทั้ง 2 กรณี ดังนั้นเวลา 4 นาที จึงเป็นช่วงเวลาพักที่ใช้กำหนดระหว่างการประเมินทางประสาทสัมผัสแต่ละตัวอย่างเพื่อทำให้ความรู้สึกเผ็ดร้อนลดลง

Green (1989 cited in Dowell et al. 2005) ได้ศึกษาการเกิด Sensitization โดยใช้สารแคปไซซินความเข้มข้น 3 ส่วนในล้านส่วน พบว่าการทดสอบชิมตัวอย่างสารแคปไซซินโดยที่ให้เวลาพักระหว่างตัวอย่าง 1 นาที ทำให้ผู้ประเมินรู้สึกเผ็ดร้อนเพิ่มมากขึ้น และมีผลทำให้เกิด Sensitization แต่เมื่อให้ผู้ประเมินพักเป็นเวลา 15 นาที ก่อนทดสอบชิมตัวอย่างถัดไป ทำให้รู้สึกเผ็ดร้อนน้อยลง นั่นคือการทิ้งช่วงเวลาระหว่างการนำเสนอตัวอย่างมีผลต่อการเกิดรสตกค้างในปากในการทดสอบตัวอย่างถัดไป

Dowell et al. (2005) ศึกษาการรับรู้ความเผ็ดร้อนในผลิตภัณฑ์ซอสซัลซ่า (Salsa) ที่มีสารแคปไซซินเป็นองค์ประกอบเช่นกัน โดยตัวอย่างอาหารในการทดสอบถูกจัดระดับความเผ็ดร้อนในหน่วย SHU (Scoville Heat Unit) เป็น 4 ระดับ ตามระดับความเผ็ดจากผลิตภัณฑ์อาหารในตลาดสหรัฐอเมริกา (ระดับเผ็ดน้อย = 25,000 SHU; ระดับเผ็ดกลาง = 70,000 SHU; ระดับความเผ็ดร้อน = 130,000 SHU; และความเผ็ดร้อนอย่างมาก = 250, 000 SHU) ทดสอบกับผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน และใช้เวลา 1 ชั่วโมงต่อวันติดต่อกัน 5 วัน กำหนดช่วงเวลาระหว่างการทดสอบชิมตัวอย่าง จำนวนครั้งของการล้างปาก และช่วงของการทดสอบชิมสำหรับความเผ็ดร้อนแต่ละระดับ เมื่อผู้ประเมินทดสอบชิมตัวอย่างแรกที่มีความเข้มของความเผ็ดร้อนสูงสุด ก็ไม่พบว่าผู้ประเมินมีสภาวะ Sensitization หรือแม้แต่การทดสอบชิมตัวอย่างซ้ำที่ระดับความเข้มข้นเท่ากันก็ไม่พบว่าผู้ประเมินมีสภาวะ Desensitization อย่างไรก็ดียังพบแนวโน้มที่ผู้ประเมินมีสภาวะ Sensitization ในตัวอย่างที่มีความเผ็ดน้อยและความเผ็ดระดับกลาง แต่ในตัวอย่างที่มีความเผ็ดเท่ากับ 130,000 SHU ผู้ประเมินมีสภาวะ Desensitization จึงอาจสรุปได้ว่าการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ซอสซัลซ่าที่มีความเผ็ดน้อยน่าจะทำให้ผู้ประเมินมีสภาวะ Sensitization ก่อนการเกิด Desensitization และยังอาจเกิด Sensitization ได้อีกครั้งเมื่อหยุดชิมตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที ในขณะที่การชิมตัวอย่างซอสซัลซ่าที่มีความเผ็ดมากต้องใช้เวลาอย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้สภาวะ Desensitization หายไป และกลับสู่สภาวะปกติ นอกจากนี้Dowell et al. (2005)ได้สร้างแบบจำลองที่สามารถใช้ในการทำนายช่วงเวลาในการทดสอบตัวอย่างที่ที่เหมาะสมระหว่างการนำเสนอตัวอย่างจากการพิจารณาปัจจัยหลายๆ อย่างร่วมด้วย เช่น ระดับสารแคปไซซินในผลิตภัณฑ์ เวลาที่ใช้ระหว่างการนำเสนอตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้โมเดลของซอสซัลซ่า ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างที่มีระดับความเผ็ดร้อนจาก 25,000 ถึง 250,000 SHU สามารถทำนายช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ระหว่างการชิมตัวอย่างของการทดสอบความเผ็ดร้อนในตัวอย่างจำนวนมากกว่า 1 ตัวอย่าง ผลที่ได้พบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการพักชิมตัวอย่างที่มีความเผ็ดในแต่ละระดับเป็นดังนี้ ระดับเผ็ดน้อย = 25,000 SHU ใช้เวลา 2.31 นาที ระดับเผ็ดกลาง = 70,000 SHU ใช้เวลา 8.71 นาที ระดับความเผ็ดร้อน = 130,000 SHU ใช้เวลา 18.52 นาที และความเผ็ดร้อนอย่างมาก = 250, 000 SHU ใช้เวลา 25.36 นาที

ในกรณีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารแคปไซซินซึ่งอาจก่อให้เกิดผลตกค้างได้ จึงควรใช้เวลามากกว่านั้น เช่น 5, 15, 25 นาที สำหรับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นในระดับความเผ็ดน้อย เผ็ดปานกลาง และเผ็ดมาก ตามลำดับ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ (Dowell et al. 2005) และ

การล้างปากเพื่อลดผลตกค้างจากแคปไซซินด้วยสารล้างปากที่เหมาะสม สารที่มีรสหวาน เช่นสารละลายซูโครสความเข้มข้น 0.04 โมลาร์ (Sizer and Harris 1985; Nasrawi and Pangborn 1989) สารที่มีรสเปรี้ยว เช่น กรดซิตริกความเข้มข้น 0.0056 โมลาร์ (Stevens and Lawless 1986) หรือสารที่ส่วนผสมของไขมัน (Hutchinson et al. 1990; Boron 1996; Carden et al. 1999) ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป

กัญญา รัชตชัยยศ (2550) ได้สัมภาษณ์ผู้บริโภคภายหลังการทดสอบชิมน้ำพริก พบว่าผู้บริโภคบางคนยังคงรู้สึกเผ็ดหลังจากชิมเสร็จ ดังนั้นต้องระวังไม่ให้ผู้บริโภคประเมินตัวอย่างมากเกินไป และต้องพิจารณาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดสอบผู้บริโภค เพื่อไม่ให้เกิดผลตกค้างของความเผ็ดจากตัวอย่างก่อนหน้า (Dowell et al. 2005) รวมทั้งการใช้วัสดุล้างปากเพื่อไม่ให้มีผลของความเผ็ดตกค้าง อย่างไรก็ดีวัสดุหรือสารล้างปากที่ใช้ควรพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะการบริโภคอาหารนั้นในสภาวะการบริโภคจริง ซึ่งในกรณีของผลิตภัณฑ์น้ำพริก อาจมีการใช้แตงกวาสด ร่วมกับน้ำเปล่าในการล้างปากแล้วบ้วนทิ้ง (กัญญา รัชตชัยยศ 2550) หรือในงานวิจัยของ เมธินี เห่วซึ่งเจริญ และคณะ (2542) ซึ่งใช้ไข่ต้มสุก ในการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุกระป๋อง และ Dowell et al. (2005) ใช้ขนมปังกรอบและน้ำเปล่าในการล้างปากเมื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสซัลซ่า

ดังนั้นในการศึกษาโครงร่างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงด้วยวิธี FP ได้คัดเลือกผู้ประเมินที่เข้าร่วมฝึกฝนเป็นผู้ที่มีความทนต่อความเผ็ด โดยคัดเลือกจากผู้ที่ปกติรับประทานอาหารเผ็ด เนื่องจากความเผ็ดของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงอยู่ในระดับเผ็ดน้อย ค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ในช่วงระหว่าง 323.52-1395.59 SHU กำหนดระยะเวลาในการพักการทดสอบชิมแต่ละตัวอย่างอย่างน้อย 5 นาที ใช้การล้างปากและบ้วนทิ้งทุกครั้ง ด้วยน้ำเปล่า น้ำหวาน แตงกวา และน้ำเปล่า ตามลำดับ เพื่อลดผลตกค้างจากตัวอย่างก่อนหน้า

2. การวิเคราะห์ประเภทและปริมาณของสารให้กลิ่นรสโดยใช้เครื่องมือ

2.1 การวิเคราะห์ลักษณะโครงร่างกลิ่นรสที่ระเหยได้ โดยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose: E-nose)

การทำงานของเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์เป็นการประสานการทำงานระหว่างการวิเคราะห์ทางเคมี (Analytical chemistry) และ การวิเคราะห์ด้านความรู้สึก (Sensory analysis) ที่มาจากการสั่งการของจมูกและสมอง เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกที่ถูกสร้างขึ้น (Sensory inputs) และขั้นตอนวิธีในการทำนายผลเมื่อได้รับข้อมูลเข้าไป หน่วยรับความรู้สึกจะทำหน้าที่เหมือนระบบรับกลิ่น (Olfactory system) ขั้นตอนการทำนายผลที่ใช้ต้องเป็นตัวแทนที่ดีและใกล้เคียงกับการทำงานของสมอง ข้อดีของจมูกอิเล็กทรอนิกส์คือสามารถทำนายกลิ่นได้หลากหลายและไม่เหนื่อยล้า ไม่จำกัดเวลา ขณะที่การทดสอบกลิ่นจากจมูกหรือลิ้นของมนุษย์ที่มีข้อจำกัดด้านจำนวนตัวอย่างและเวลา และเมื่อเทียบกับเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีที่มีความซับซ้อนและมีความเฉพาะต่อกลิ่นที่ต้องวิเคราะห์ ทำให้มีความยุ่งยากมากกว่าการใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Sobel 2005)

จมูกอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะที่เลียนแบบระบบรับรู้กลิ่นในธรรมชาติดังนี้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2550)

(1) ส่วนรับกลิ่น ประกอบไปด้วยตัวนำกลิ่นเข้ามาซึ่งอาจมีมอเตอร์ดูดอากาศ มีท่อรวบรวมกลิ่น (Concentrator) เพื่อให้กลิ่นมีความเข้มข้นสูงขึ้นและที่สำคัญ คือ มีเซ็นเซอร์รับกลิ่นจำนวนมาก ตั้งแต่ 4 ตัวไปจนถึงนับพันตัว โดยที่เซ็นเซอร์แต่ละตัวทำจากโพลิเมอร์ต่างชนิดกัน ทำให้มีการตอบสนองต่อสารเคมีระเหย

ต่างกันไป ปัจจุบันจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตทางการค้า ใช้เทคนิคเซ็นเซอร์เนื่องจากมีความคงตัว และความทนทานสูง

(2) ส่วนรวบรวมสัญญาณ การแปรสัญญาณจากเซ็นเซอร์ (Traducing) และทำการจัดการสัญญาณ (Signal Conditioning) เช่น ลดสัญญาณรบกวน จากนั้นก็แปลงสัญญาณจากอนาลอกให้เป็นดิจิตอล (A/D Converter)

(3) ส่วนประมวลผล สัญญาณที่ได้รับมาทำการเปรียบเทียบเชิงสถิติกับฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิม ซึ่งอาจใช้วิธีการระบบประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เพื่อทำการแยกแยะกลิ่น รวมไปถึงการเรียนรู้และจดจำรูปแบบของกลิ่น

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลากหลายตั้งแต่ในอุตสาหกรรมอาหาร น้ำหอม เครื่องดื่ม เช่น ใช้ตรวจสอบอาหารสด ตรวจสอบคุณภาพของกลิ่นหอม ตรวจสอบชนิดของไวน์รวมไปถึงในทางการด้านแพทย์ สมบุญ สหสิทธิวัฒน์ และคณะ (ม.ป.ป.) รายงานว่าจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถแสดงให้เห็นว่าในเวลาร่างกายป่วยจะมีการสร้างสารเคมีที่แตกต่างจากช่วงที่ร่างกายปกติ เช่น ในคนป่วยโรคมะเร็งปอดพบว่ามีการสร้างอันนิลิน (Aniline) และส่งออกมาทางลมหายใจ ขณะที่ คงวุฒิ นิรันตสุข และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Alpha M.O.S. รุ่น FOX 3000) ซึ่งมีองค์ประกอบของ Metal Oxide Semiconductors (MOS) จำนวน 12 ตัว ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสุญญากาศ และบ่งชี้ถึงระดับการเปลี่ยนแปลงการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ได้ โดยนำเทคนิค Principal Component Analysis (PCA) มาใช้ในการจัดการและลดความซับซ้อนของข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และแปลผล ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ร่วมกับดัชนีของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (ค่า TBA) และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์พบว่าสามารถแยกความแตกต่างของชุดข้อมูลที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ ได้อย่างชัดเจน โดยอาศัยระดับการเกิดกลิ่นหืนเป็นตัวชี้วัด

Salim et al. (2005) ใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่มีเซ็นเซอร์แบบกึ่งตัวนำ จำนวน 8 ตัว สำหรับวิเคราะห์ความแตกต่างของโครงร่างลักษณะกลิ่นในมะม่วงสายพันธุ์ฮารุมานิส (Harumanis) ที่ระยะการสุก 3 ระยะ พบว่าโครงร่างของลักษณะกลิ่นในแต่ละระยะการสุกของมะม่วงมีความแตกต่างกัน และเมื่อใช้เทคนิคทางสถิติแบบ PCA พบว่าสามารถแยกระยะการสุกของมะม่วงได้อย่างชัดเจน

ในการศึกษาลักษณะกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ของงานวิจัยนี้ ได้ใช้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบแบบพกพาจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (Model SHT15) โครงสร้างของเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์แบ่งออกได้เป็นส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ส่วนวงจรประมวลผลกลาง และส่วนของชุดเซ็นเซอร์วิเคราะห์กลิ่น โครงสร้างใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติไม่ดูดซับกลิ่น เช่น แก้ว สแตนเลส อีกทั้งออกแบบระบบไหลเวียนอากาศ เพื่อช่วยในการนำพากลิ่นเข้าสู่ชุดเซ็นเซอร์ และช่วยในการทำความสะอาดหัวเซ็นเซอร์ด้วยตัวเองอัตโนมัติ ในส่วนของชุดประมวลผลกลางมีส่วนประกอบและลำดับขั้นตอนการทำงาน คือ ข้อมูลกลิ่นจากเซ็นเซอร์ถูกบันทึกผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ส่งต่อไปยังชุดประมวลผลกลางทำหน้าที่เก็บสัญญาณศักย์ไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์และแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล เก็บผลเพื่อเป็นฐานข้อมูลและวิเคราะห์ผล อัตราการเก็บข้อมูลของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจะควบคุมด้วยวงจรส่วนฐานเวลา ซึ่งมีการคัดเลือกช่วงของข้อมูลกลิ่นในส่วนที่สำคัญคือช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงปลาย ก่อนที่กลิ่นจะสลายไป ซึ่งส่วนที่สำคัญของเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ คือ เซ็นเซอร์ประเภทสารกึ่งตัวนำผลิตจากออกไซด์ของโลหะ ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วิเคราะห์กลิ่นจำนวน 5 เซ็นเซอร์ เป็นเซ็นเซอร์ทั่วไปที่ตอบสนองต่อสารระเหยอินทรีย์ที่มีความจำเพาะ

ต่อกลิ่นที่แตกต่างกัน ทั้งยังมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น อีก 2 เซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์รับกลิ่นของจมูกอิเล็กทรอนิกส์มีหลักการง่ายๆ คือเมื่อมีโมเลกุลกลิ่นมาเกาะจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติซึ่งอาจเป็นสมบัติทางแสง สมบัติทางไฟฟ้า (ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ 2550) เซ็นเซอร์จะส่งข้อมูลเป็นสัญญาณศักย์ไฟฟ้า ผ่านการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลความละเอียดสูง วงจรประมวลผลกลางประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด ข้อมูลถูกส่งผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 บันทึกค่าและวิเคราะห์ชนิดกลิ่นด้วยระบบพีซีคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าแปรผันตามชนิดของกลิ่นหลายชนิด ไม่ได้จำเพาะเจาะจงกลิ่นใดกลิ่นหนึ่ง แต่ในการจำแนกกลิ่นใดกลิ่นหนึ่งต้องทำการจดจำกลิ่นนั้นเพื่อให้ครอบคลุมในสภาวะการทดสอบหลายๆ แบบและทำซ้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลจำนวนมากที่สุดและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลกลิ่นต่อไป (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2550)

หลักการทำงานของเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์เริ่มจากให้เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์จดจำกลิ่นที่ต้องการทดสอบเพื่อเป็นการสร้างฐานข้อมูล จำนวนครั้งในการจดจำกลิ่นเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลการวัดอย่างน้อย 30 ครั้ง ไปถึง 100 ครั้ง/ตัวอย่าง ขั้นตอนการจดจำกลิ่นเริ่มจาก การเก็บสัญญาณจากสิ่งแวดล้อมขณะที่ยังไม่บรรจุตัวอย่าง โดยที่ยังไม่มีกลิ่นเพื่อใช้เป็นค่าสัญญาณอ้างอิงของเซ็นเซอร์ (Base line) จากนั้นนำภาชนะที่บรรจุตัวอย่างกลิ่นที่ต้องการทดสอบเข้าไปในช่องรับ โดยควบคุมปริมาตรให้คงที่ตลอดการจดจำกลิ่นแต่ละครั้ง หลังจากนั้นเครื่องจะบันทึกข้อมูลกลิ่น โดยใช้เวลาประมาณ 4 นาที นำภาชนะใส่ตัวอย่างกลิ่นออกจากช่องรับ พัดลมไหลเวียนอากาศจะทำงานเพื่อทำความสะอาดเซ็นเซอร์เป็นเวลาประมาณ 2 นาที เป็นการทำความสะอาดกลิ่นที่ตกค้างอยู่ในระบบบันทึกค่าของข้อมูลกลิ่น และเริ่มบันทึกกลิ่นต่อเป็นครั้งที่สอง จนครบ 30 ครั้ง ซึ่งข้อมูลกลิ่นในแต่ละครั้งสามารถนำมาวิเคราะห์กราฟของสัญญาณได้ จากนั้นทำการถ่ายข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมเพื่อวิเคราะห์ผลบนระบบพีซีคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคทางสถิติแบบ PCA ที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์นำมาใช้ในการวิเคราะห์จัดรูปแบบของข้อมูลสิ่งที่มีคุณสมบัติเหมือนกันหรือแตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้การจัดกลุ่มตัวแปรสัญญาณจากหัวเซ็นเซอร์ทั้งหมด 7 หัว จากทุกซ้ำของการวัด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2550)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสถิติแบบ PCA เป็นเทคนิคที่สำคัญและมีการใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถสร้างแบบแผนของกลิ่นรสที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปในอาหารแต่ละชนิดได้ (Capone et al. 2001) ทำได้โดยจัดรูปแบบข้อมูลที่ได้ให้เป็นแบบเมทริกซ์ จำนวนเซ็นเซอร์ทั้งหมดจัดเป็นสดมภ์ (Columns) และจำนวนครั้งของข้อมูลที่ทำการบันทึกจัดเป็นแถว (Rows) จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสถิติแบบ PCA จะได้ค่าไอเกน (Eigen values) และค่าน้ำหนักของตัวแปร (Factor loading) ขั้นตอนสุดท้ายคือการแปลงเพื่อแสดงเป็นภาพฉายโดยจะเลือกแกน PC ที่มีการกระจายตัวสูงสุดจากค่าไอเกน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับชุดข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ และเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยวิเคราะห์จำแนกข้อมูลของกลิ่นตัวอย่างได้ (รุ่งโรจน์ เมาลานนท์ 2550)

Maolanon et al. (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เซ็นเซอร์แบบกึ่งตัวนำจำนวน 5 ตัว เพื่อแยกกลิ่นของตัวอย่างสารละลายผสมระหว่างน้ำ เอธานอล และเมทานอล เปรียบเทียบกับกลิ่นของน้ำ เอธานอล และเมทานอลบริสุทธ์ โดยกำหนดให้มีเวลาในการสุ่มตัวอย่าง 1 ครั้ง

ประมาณ 5 นาที และใช้เทคนิคทางสถิติแบบ PCA ในการการแยกแยะและจัดการข้อมูล พบว่าตำแหน่งของตัวอย่างสารละลายผสมในกราฟ PCA จะอยู่ระหว่างตำแหน่งของน้ำ เอธานอล และเมทานอล บริสุทธิ์ ซึ่งแต่ละตำแหน่งของตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายแต่ละตัวที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง

จากที่กล่าวมาข้างต้นเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ตัวอย่างเช่น ตรวจสอบสภาพการเสื่อมสภาพของอาหาร การปนเปื้อน หรือความเสียหายในระหว่างกระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง หรือการจัดเก็บในคลังสินค้า เป็นต้น การทดลองเพื่อจำแนกกลิ่นในเรื่องของการควบคุมคุณภาพและการจำแนกกลิ่นที่มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกันมาก เช่น เอทานอล เมทานอล และ น้ำ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสารระเหยหลายชนิด เช่น ยูจินอลและเมทานอล ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสารสกัดสมุนไพร หรือน้ำหอม (Maolanon et al. 2008.; รุ่งโรจน์ เมาลานนท์ 2550) รวมถึงพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกได้แก่ หอมแดง (Prithiviraj et al. 2004) กระเทียม (Zhang et al. 2005) และ ข่า (Ly et al. 2004) พริก (Lee et al. 1986) ดังนั้นจึงน่าจะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถมารถวิเคราะห์ลักษณะกลิ่นในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงได้ดี อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ง่ายกว่าการวิเคราะห์ทางเคมี และได้ผลการทดลองที่สามารถทดสอบเปรียบเทียบผลได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี อีกทั้งสามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ และแยกความแตกต่างของกลิ่นเป็นกลุ่มได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของจมูกมนุษย์แล้ว จมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างรวดเร็วต่อเนื่อง ใช้ตัวอย่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และสามารถใช้แทนจมูกคนได้ดี แต่อาจไม่สามารถแสดงผลออกมาในรูปความรู้สึกที่ชัดเจนอย่างกลิ่นหอม และกลิ่นเปรี้ยว และทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้ความชื้นหรือของเหลวติดเข้าไปยังตัวเครื่อง เพราะอาจสร้างความเสียหายแก่แผงเซ็นเซอร์ (Maolanon et al. 2008)

2.2 การระบุชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นโดยวิธี Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

Gas Chromatography (GC) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสม โดยเปลี่ยนสารที่อยู่ในสภาพของเหลวให้อยู่ในแก๊สเฟสที่อุณหภูมิหนึ่ง จากนั้นแก๊สตัวพา (Carrier gas) จะพาสารผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกันทำให้สามารถแยกสารผสมนั้นได้ ส่วน Mass spectrometry (MS) เป็นเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและมวลโมเลกุลของสาร โดยจะต้องเสียสารตัวอย่างที่ใช้ไปแต่ก็ใช้สารในปริมาณน้อย วิธีนี้ใช้หลักการคือให้พลังงานแก่โมเลกุลมากพอจนทำให้โมเลกุลแตกตัวเป็นไอออน และถ้าพลังงานเหลือมากพอไอออนก็จะแตกตัวเป็นไอออนย่อยต่อไปเรื่อยๆ จนเหลือพลังงานน้อยไม่พอที่จะแตกตัวต่อไปได้อีก เมื่อรวมรูปแบบการแตกตัวของไอออนทั้งหมดเข้าด้วยกันจะได้เป็นรูปแบบการแตกตัวของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสารประกอบแต่ละชนิด ดังนั้น GC-MS จึงเป็นการจับคู่ระหว่าง 2 เทคนิค ที่ใช้สารตัวอย่างที่อยู่ในแก๊สเฟสในปริมาณน้อย โดย GC ทำหน้าที่แยกสารที่ระเหยได้ออกจากกัน จากนั้นส่งโมเลกุลของสารตัวอย่างเข้าสู่ MS เพื่อทำการไอออไนซ์ (Ionize) อิออนของโมเลกุลทำให้ทราบถึงโครงสร้างและมวลโมเลกุลของสาร (แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม 2534; ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย 2543) สารให้กลิ่นรสเกิดจากสารหลายชนิดประกอบกันเป็นจำนวนมากแต่จะมีสารบางชนิดที่เป็นสารให้กลิ่นหลักซึ่ง GC-MS เป็นเครื่องมือช่วยทำให้ทราบว่าสารใดคือสารให้กลิ่นหลัก

กัญญา รัตชตชัยยศ (2550) ได้วิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นรสที่มีในตัวอย่างแจ่วบอง 6 ยี่ห้อ พบว่าตัวอย่างแจ่วบองทุกตรายี่ห้อมีแบบแผนของสารที่ระเหยได้เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โดยเทคนิค

Dynamic Headspace ใกล้เคียงกันแต่มีปริมาณสารให้กลิ่นรสแตกต่างกันบ้างในแต่ละตรายี่ห้อ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการมีองค์ประกอบของสูตรที่แตกต่างกันและมีวิธีการผลิตเช่นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าองค์ประกอบหลักในตัวอย่างแจ่วบองทุกยี่ห้อ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารพวกกรด และแอลกอฮอล์ในปริมาณสูง นอกนั้นได้แก่สารพวกคีโตน (Ketones) อัลดีไฮด์ (Aldehydes) ฟิวแรน (Furans) เอสเทอร์ (Ester) สารประกอบของซัลเฟอร์ (Sulfur containing compounds) ไพราซีน (Pyrazine) และสารประกอบอื่นๆ (Miscellaneous compounds) สารให้กลิ่นที่แสดงลักษณะคล้ายตะไคร้ (Lemongrass-like) ได้แก่ Myrcene และ Limonene สารให้กลิ่นที่แสดงลักษณะคล้ายหัวหอม(Onion-like) ได้แก่ ไดเมธิล ไดซัลไฟด์ (Dimethyl disulfide), 2-เมธิล-1-บิวทานอล (2-Methyl-1-butanol) และ 3,4-ไดเมธิลไทโอฟีน (3,4-Dimethylthiophene) สำหรับสารให้กลิ่นที่แสดงลักษณะคล้ายกระเทียม (Garlic-like) ส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มซัลไฟด์ (Sulfide) ได้แก่ 2-Propen-1-ol, อัลลิล เมธิล ซัลไฟด์ (Allyl methyl sulfide), อัลลิล ซัลไฟด์ (Allyl sulfide), เมธิล อัลลิล ไดซัลไฟด์ (Methyl allyl disulfide) และ ไดเมธิล ไดรซัลไฟด์ (Dimethyl trisulfide) เป็นต้น สำหรับสารให้กลิ่นที่แสดงลักษณะคล้ายกลิ่นมะกรูด (Bergamot-like) และคล้ายส้ม หรือมะนาว (Citrus-like) ได้แก่ สารเบอร์กามอท (Bergamot), ฟาเนเซน (Farnesene), เมธิลบิวทิเรท (Methyl butyrate), เฮกซานัล (Hexanal), 5-เฮกซานัล (5-Hexanal), เอทิล บิวทิเรท (Ethyl butyrate) และ 3-เฮกเซน-1-ออล (3-Hexene-1-ol) เป็นต้น สำหรับสารให้กลิ่นที่แสดงกลิ่นเผ็ดร้อนและฉุน (Pungent) ได้แก่ เฮกซานัล, 5-เฮกซานัล, ลีนาลัล และ 2,3-บิวเทนดีโอน (2,3-Butanedione), 2,3-บิวเทนดีออล (2,3-Butanediol)

พัชรีย์ พริบดีเวช และ สุกัญญา วงศ์พรชัย (2545) ได้วิเคราะห์สารให้กลิ่นหอมในรากหญ้าแฝกหอมด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้เทคนิคการสกัดแบบโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (Solid Phase Micro Extraction: SPME) พบองค์ประกอบมากกว่า 60 ชนิด องค์ประกอบหลัก ได้แก่ นูทคาโตน (Nootkatone) คูซิมีน (Khusimene) และ คูซิมอน (Khusimone) ตามลำดับ

Chitsamphandhvej (2007) ใช้เครื่อง GC-MS ร่วมกับเทคนิค SPME ในการวิเคราะห์องค์ประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในตัวอย่างมะม่วงสุก 3 ชนิด คือ มะม่วงอกร่อง มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงแรด พบว่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในมะม่วงสุกทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วยสารในกลุ่มเทอพีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 136 และ 204 เท่านั้น โดยองค์ประกอบที่มีปริมาณสูงที่สุดในมะม่วงอกร่อง ได้แก่ Trans-terpinolene (ร้อยละ 73.0) ในมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้แก่ Cis-ocimene (ร้อยละ 54.5) และในมะม่วงแรด ได้แก่ Trans-ocimene (ร้อยละ 82.9)

Susaweangsup et al. (n.d.) ศึกษาผลของการแยกองค์ประกอบสารระเหยง่ายในผลไม้ด้วยเครื่อง GC-MS ร่วมกับเทคนิค SPME ใช้ไฟเบอร์ที่เคลือบด้วยพอลิไดเมทธิลไซลอกเซน 100 ไมโครเมตร และ สารผสมไดไวนิลเบนซีน-คาร์บอกเซน-พอลิไดเมทธิลไซลอกเซน โดยศึกษาถึงผลกระทบต่อการแยกสารซึ่งประกอบด้วยเวลาที่ใช้ในการดูดซับ อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ และอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 40 นาที ที่อุณหภูมิห้อง สภาวะที่เหมาะสมสำหรับแก๊สโครมาโทกราฟีเมื่อใช้กับเทคนิค SPME คือ อุณหภูมิของตำแหน่งฉีดสารเท่ากับ 250°ซ อุณหภูมิของดีเทคเตอร์เท่ากับ 230°ซ อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที และตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ที่ 50°ซ (นาน 2 นาที) และเพิ่มอุณหภูมิของคอลัมน์ระหว่างการวิเคราะห์ในอัตรา 5°ซ ต่อนาที จนถึง 230°ซ และเมื่อถึงอุณหภูมิกำหนดจะใช้เวลาต่อเนื่องไปอีก 4นาที สารที่เป็น

องค์ประกอบในผลไม้ทั้งในรูปชนิดและปริมาณจะถูกวิเคราะห์ได้ ซึ่งเทคนิคที่พัฒนานี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแยกและวิเคราะห์องค์ประกอบสารระเหยง่าย เช่น ผลไม้ท้องถิ่นบางชนิดในภาคเหนือของประเทศไทย

เทคนิค SPME ที่ใช้ร่วมกับ GC-MS เป็นเทคนิคที่ใช้ได้กับสารตัวอย่างที่เป็นสารให้กลิ่นอยู่ในรูปของแก๊ส ของแข็งและของเหลว วิธีนี้มีขีดความสามารถในการตรวจวัดสารหาชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นที่มีอยู่ปริมาณน้อยในตัวอย่างได้อย่างถูกต้องแม่นยำ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งชนิดและปริมาณสารที่ให้กลิ่นได้และสามารถขจัดสารประกอบอื่นที่มีจุดเดือดสูงทำให้ไม่ระเหย ไม่เข้าไปรบกวนในการวิเคราะห์อีกด้วยหลักการทำงานของ SPME คือสารโพลิเมอร์ที่เคลือบบนไฟเบอร์ทำหน้าที่ดูดสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ซึ่งถูกเก็บในภาชนะปิดสนิท หลังจากนั้นไฟเบอร์จะถูกนำมาให้ความร้อนในส่วนของ injector port ของเครื่อง GC เพื่อระเหยสารตัวอย่างที่ถูกดูดซับติดมากับไฟเบอร์ออกสู่คอลัมน์ของเครื่อง GC-MS ต่อไป (Gierak et al. 2006)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น