

การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อกลิ่น

สุธัญญา พรหมสมบุญ และ สุชาดา กรเพชรปณี

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

การศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่นมีความสำคัญต่อกระบวนการบำบัดด้วยกลิ่น (สுகนธบำบัด) เนื่องจากกลิ่นมีผลออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทและผลทางด้านจิตวิทยา โดยกลิ่นเป็นสิ่งเร้าที่กระตุ้นให้เกิดอารมณ์ความรู้สึกต่างๆ ได้ง่าย อีกทั้งกลิ่นแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว และมีผลต่อร่างกายและจิตใจได้แตกต่างกัน การนำกลิ่นมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดด้วยธรรมชาติจึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่นในลักษณะต่างๆ ดังนั้นบทความนี้จะรวบรวมความรู้และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งประกอบด้วย พืชให้น้ำมันหอมระเหย การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช สรีรวิทยาของระบบประสาทรับกลิ่น และการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่น

คำสำคัญ: การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อกลิ่น/ สுகนธบำบัด

Physiological Response to Odors

Sutunya Promsomboon and Suchada Kornpetpanee

College of Research Methodology & Cognitive Science, Burapha University, Thailand

Abstract

The study of physiological response to odor is very important for aromatherapy process, because the effect of odor acts on nervous system and psychological effect. The stimulus of odor can easily introduce sense and emotions; furthermore, each of odor has specific property, and they have different effect on body and mind. Understanding the physiological response to odors is very important for natural therapy. Thus, this article reviews on research of essential oil, containing essential oil from plant, the extraction method, neurophysiology of olfactory system and physiological response to odors.

Keywords: physiological response to odors, aromatherapy

ความนำ

กลิ่นเป็นสิ่งที่อยู่คู่กับมนุษย์มาช้านาน มนุษย์ใช้ประโยชน์จากกลิ่นเพื่อการดำรงชีวิตมาตั้งแต่สมัยโบราณ เช่น ใช้กลิ่นเป็นสัญญาณเตือนเพื่อการล่าเหยื่อ ใช้กลิ่นเพื่อบ่งบอกถึงการเน่าเสียของอาหาร ใช้กลิ่นเพื่อบอกเหตุวิกฤติ อาทิ เกิดการรั่วไหลของแก๊สพิษ การรับรู้กลิ่นเช่นนี้มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการอยู่รอดของมนุษย์ โดยมนุษย์เริ่มใช้กลิ่นเพื่อปรุงแต่งอาหารและเครื่องใช้อุปโภคอื่นๆ เช่น น้ำหอม เครื่องประทินผิว เครื่องสำอาง และยา เป็นต้น โดยเฉพาะในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 มีการศึกษากันมากในเรื่องของกลิ่นที่มีต่อความรู้สึกทางด้านจิตใจของมนุษย์ ในเชิงการประเทืองอารมณ์ และการบำบัดด้วยกลิ่น หรือสุนทรบำบัด (Kim & Watanuki, 2003)

สุนทรบำบัด (aromatherapy) หมายถึงศาสตร์ของการใช้กลิ่น โดยเฉพาะกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพื่อส่งเสริมสุขภาพจิตและสุขภาพกายให้ดีขึ้นโดยใช้วิธีการสูดดมหรือทาผ่านผิวหนัง ซึ่งต้องเจือจางน้ำมันหอมระเหยก่อน (Maria, 2006) การนำสารที่มีกลิ่นหอมมาใช้ประโยชน์ในเชิงการบำบัดด้วยกลิ่นนั้น การสูดกลิ่นของสารที่มีกลิ่นหอมจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายและสภาพจิตใจของมนุษย์ สารที่มีกลิ่นหอม จะออกฤทธิ์ผ่านระบบประสาทรับกลิ่นและส่งผลกระทบต่อสมองเหนี่ยวนำให้เกิดการตอบสนองทางระบบประสาทอัตโนมัติและการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ในรูปแบบต่างๆ ได้ การรับรู้กลิ่นจะมีความสัมพันธ์กับอารมณ์ กล่าวคือเมื่อกลิ่นมาสัมผัสกับอวัยวะรับกลิ่นที่เยื่อเมือกชั้นในของจมูก กลิ่นจะกระตุ้นตัวรับกลิ่น (Olfactory Receptors) ให้เกิดการส่งกระแสประสาทซึ่งจะถ่ายทอดสัญญาณโดยตรงไปยัง สมองส่วน Amygdala และ Orbitofrontal cortex ผ่าน Olfactory bulb ซึ่งสมองส่วน Amygdala นอกจากจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการบูรณาการอารมณ์ต่างๆ แล้ว Amygdala ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างความจำเกี่ยวกับประสบการณ์ที่มีอารมณ์เข้ามาเกี่ยวข้อง ยิ่งกว่านั้น Orbitofrontal Cortex ยังประมวลผลข้อมูลที่เต็มไปด้วยอารมณ์ทางบวกและลบ ส่งผลให้กลิ่นสามารถเหนี่ยวนำอารมณ์ได้ง่าย (Edmund, 2001)

ดังนั้นก่อนที่จะนำกลิ่นไปใช้ประโยชน์ทางด้านสุนทรบำบัด ควรที่จะเข้าใจถึงองค์ประกอบหรือบริบทที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของกลิ่นหอมจากน้ำมันหอมระเหยด้วย บทความนี้จะเรียบเรียงเนื้อหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งประกอบด้วย พืชที่ให้น้ำมันหอมระเหย การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช สรีรวิทยาของระบบประสาทรับกลิ่น และการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่น เพื่อที่จะเป็นข้อมูลสำหรับการทำวิจัยด้านสุนทรบำบัดต่อไป

พืชให้น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) คือกลุ่มของสารอินทรีย์ที่มีกลิ่นหอมที่ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิในระดับปกติ พบในเซลล์เนื้อเยื่อพืช สารให้กลิ่นหอมจากพืชเกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ในระดับทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) ซึ่งสารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีก่อกำเนิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์สารโมเลกุลเล็กๆผ่านกระบวนการแปรสภาพ (Bioconversion) โดยใช้ปฏิกิริยาชีวเคมีที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่

ซับซ้อนขึ้น หรือมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น โดยพืชสังเคราะห์สารเหล่านี้ขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางอ้อม เช่น ใช้ในการล่อแมลงเพื่อช่วยในการผสมเกสร หรือผสมพันธุ์ พืชบางชนิดผลิตน้ำมันหอมระเหยขึ้นมาเพื่อกำจัดแมลง และเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูพืช หรือใช้เป็นกลไกการป้องกันตนเอง (Defend Mechanism) อย่างหนึ่ง (Kijjoa, 2008) น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชจะมีกลิ่นเฉพาะตัว มีโครงสร้างโมเลกุล ปริมาณสาร และการกระจายตัวที่จำเพาะกับ ชนิดของพืชแต่ละชนิด รวมทั้งสภาพแวดล้อมด้วย ดังนั้นการคัดเลือกชนิดพืชเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งของสารให้กลิ่นหอมจึงมีความสำคัญ และขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำมาใช้ พืชที่ให้น้ำมันหอมระเหยมีอยู่มากมายหลายชนิด แบ่งตามโครงสร้างหรือลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชได้เป็น 7 กลุ่ม (ประเทืองศรี ลินชัยศรี, 2547; National identity board, 1991) ดังนี้

(1) พืชที่ดอกมีกลิ่นหอม เช่น กุหลาบ มะลิ กระดังงา กล้วยณา การเวก กาหลง แก้ว กันเกรา การะเกด ชงโค ขจร เข็ม คัดเค้า จำปี จำปา จำปูน จันทน์กะพ้อ ชัยพฤกษ์ ชำมะนาด ชะเอมไทย ช่อนกลิ่น นางแย้ม บุนนาค บัวเผื่อน บุนนาค บานบุรี บัวหลวง ประยงค์ ประดู่ ปิ๊ป พะยอม พิกุล พุด พลับพลึง มณฑา โมก มหาหงส์ ยี่โถ ราชวดี ราชรี ไลดาวัลย์ ลำเจียก ลั่นทม ลำดวน เล็บมือนาง เป็นต้น

(2) พืชที่ใบมีกลิ่นหอม เช่น กระเพรา โหระพา ตะไคร้ เติยหอม ผักชี พืมนเสนา พลุ มะกรูด แมงลัก ยูคาลิป สะระแหน่ เป็นต้น

(3) พืชที่เปลือกมีกลิ่นหอม เช่น กระเจา กระเทียมต้น ไม้หอม อบเชย การบูร เป็นต้น

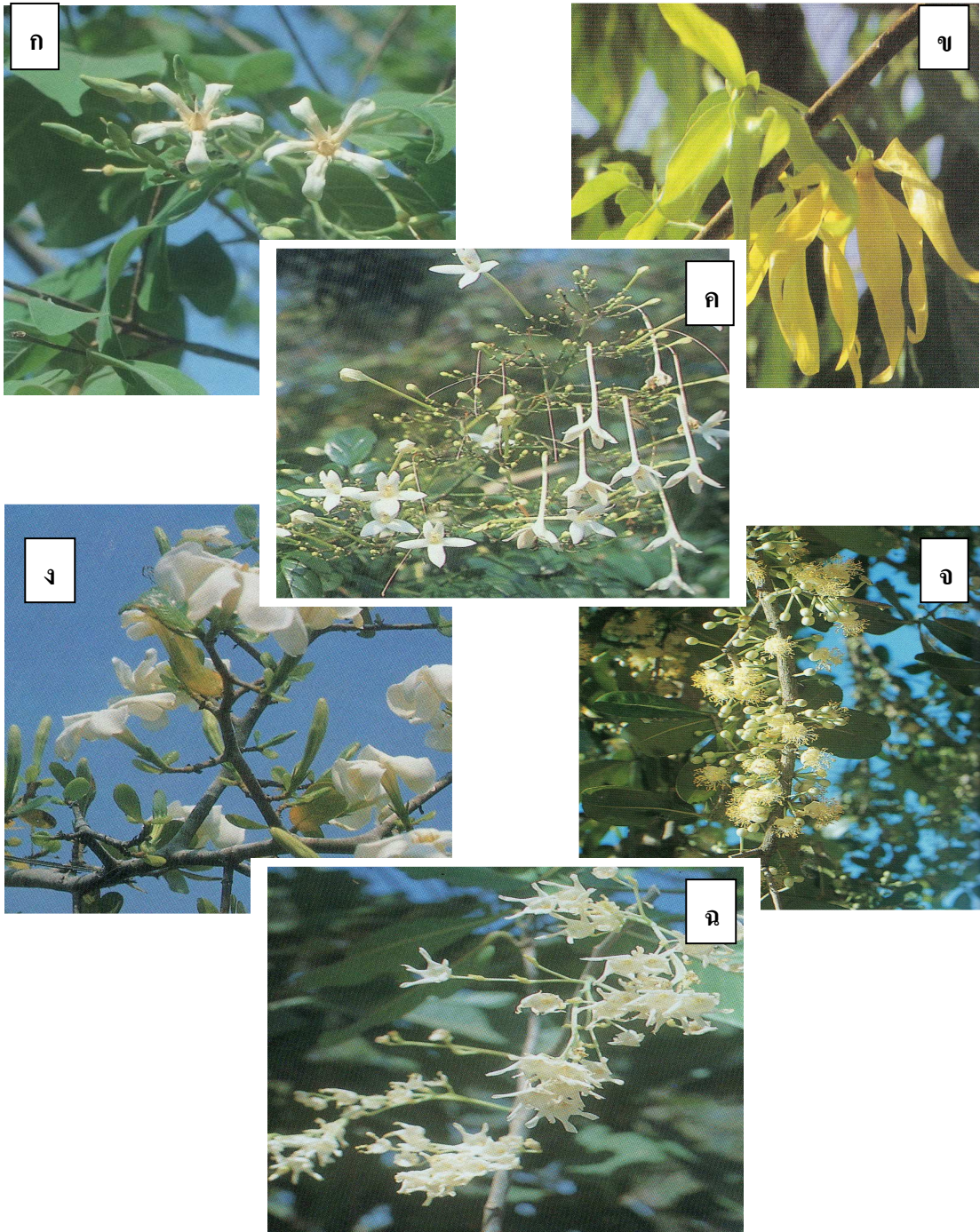
(4) พืชที่ผลหรือเมล็ดมีกลิ่นหอม เช่น จันทน์เทศ กระวาน กาแฟ เทียนขาวเปลือกเร่วแดง เป็นต้น

(5) พืชที่ราก หัว หรือเหง้า มีกลิ่นหอม เช่น กระชาย จิง ข่า ขมิ้น ไพล แผลกหอม เป็นต้น

(6) พืชที่ขางมีกลิ่นหอม เช่น กายาน

(7) พืชที่ต้นมีกลิ่นหอม เช่น ตะไคร้ ตะไคร้หอม จันทนา กำลังเสือโคร่ง จันทน์ จันทน์ชะมด เป็นต้น

จะเห็นว่าพืชที่ให้กลิ่นหอมต่างๆเหล่านี้หลายชนิดพบได้ในประเทศไทย และมีศักยภาพที่จะนำมาผลิต สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมเพื่ออุปโภคและบริโภค ซึ่งมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น โดยประเทศไทยมีการ นำเข้าเครื่องหอมจากต่างประเทศปีละกว่าเจ็ดพันเก้าร้อยล้านบาท (เพ็ญญา ทวีพิชญเจริญ และคณะ, 2549) และมี แนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านสุขนธบำบัด (aromatherapy) ในธุรกิจสปา โดยมีรายงานการสำรวจข้อมูลการใช้ น้ำมันหอมระเหยในธุรกิจสปาไทยที่ผ่านการรับรองจากกระทรวงสาธารณสุข พบว่ามีการใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปแบบน้ำมันนวดร้อยละ 87.20 ใช้ในการบำรุงผิวหน้าและผิวกายร้อยละ 80.78 และใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปแบบการอบไอน้ำร้อยละ 74.82 โดยผู้ประกอบการส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.14) ใช้น้ำมัน หอมระเหยจากธรรมชาติ โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้รับความนิยม 5 อันดับแรก คือ น้ำมันลาเวนเดอร์ น้ำมัน ตะไคร้ น้ำมันส้ม น้ำมันหอมจากสะระแหน่ และน้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิ ตามลำดับ (รวีวรรณ พัดอินทร์ และคณะ, 2552)



ภาพที่ 1 พืชที่ดอกมีกลิ่นหอม : (ก) โมกมัน (ข) กระดังงา (ค) ป๊อบ (ง) พุด (จ) สารภี (ฉ) พะยอม
ที่มา : พรรณไม้ในสวนป่าสิริกิติ์ภาคกลาง (2535)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช

การนำกลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหยออกมาจากเนื้อเยื่อพืชต้องผ่านกระบวนการการสกัด ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการสกัดสารจากพืชมีหลายวิธี (King & Bott, 1993; นันทวัน บุญยะประสงค์, 2534; รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2552) ดังนี้

(1) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) เป็นการสกัดสารจากเนื้อเยื่อพืชโดยให้ตัวทำละลายสัมผัสกับเนื้อเยื่อพืชในลักษณะการแช่หรือหมักพืชไว้ในระยะเวลาที่เหมาะสม ตัวทำละลายจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชและละลายสารที่ต้องการสกัดออกมา ดังนั้นการสกัดด้วยวิธีการนี้จึงต้องเลือกตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการละลายน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ดี หรือมีความสามารถในการละลายน้ำมันหอมระเหยจากพืชได้ดี กล่าวคือมีคุณสมบัติ “like dissolve like” ซึ่งหมายถึงสารที่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว สารที่ไม่มีขั้ว หรือมีสภาพขั้วต่ำจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำหรือไม่มีขั้ว ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ เบนซีน เป็นต้น จากนั้นจะระเหยตัวทำละลายออกไป น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เรียกว่า concrete



ภาพที่ 2 ซ้าย : การสกัดด้วยวิธีการแช่พืชในตัวทำละลาย ขวา : การระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุน

(2) การกลั่น (distillation) เป็นการใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำเข้าไปแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาจากพืชโดยความร้อนจะทำให้ น้ำมันหอมระเหยละลายออกมาและระเหยกลายเป็นไอปนออกมากับไอน้ำ เมื่อไปกระทบกับน้ำหล่อเย็นภายในเครื่องควบแน่น (condenser) ของอุปกรณ์การกลั่นจะเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว ซึ่งน้ำกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน จึงสามารถแยกออกจากกันได้



ภาพที่ 3 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำ

(3) การสกัดด้วยไอน้ำเย็น (Enfleurage) เป็นการสกัดน้ำมันหอมโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวดูดซับกลิ่น โดยหลอมไอน้ำแล้วเทลงบนแผ่นกระดาษที่ให้เป็นแผ่นบางๆบนผิวกระจก ไอน้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับกลิ่น จากนั้นนำกลีบดอกไม้มาวางเรียงบนตัวดูดซับดังกล่าวเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วเอากลีบดอกไม้เก่าออก นำกลีบดอกไม้ใหม่วางแทน ทำซ้ำเช่นนี้จนตัวดูดซับดูดกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยไว้มากพอ ซึ่งสังเกตได้จากสีของไขจะมีสีออกเหลืองเข้มขึ้น จึงบูดไขออกมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกด้วยแอลกอฮอล์ แล้วระเหยแอลกอฮอล์ออกไปภายหลัง



ภาพที่ 4 ซ้าย : ไขที่เคลือบบนแผ่นกระจก ขวา : กลีบดอกไม้ที่วางบนไข

(4) การสกัดโดยการบีบอัดด้วยแรงกล (Physical Compression) วิธีการนี้เหมาะกับพืชที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่มาก และน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ทนต่อความร้อนหรือสลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน หลักการสกัดด้วยวิธีการนี้ทำโดยใช้แรงบีบอัดของเครื่องมือกลกดอัดลงบนผิวของชิ้นส่วนพืช ทำให้น้ำมันเซลล์พืชและน้ำมันแตกออก น้ำมันจะไหลออกมา

(5) การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Assisted Extraction) การสกัดด้วยวิธีนี้มีหลักการคือใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูง (20-100 KHz) ในการสกัดสารจากพืชร่วมกับตัวทำละลาย โดยเกิดการแพร่ของตัวทำละลายผ่านผนังเซลล์พืชและละลายสารออกจากเซลล์พืช คลื่นจะเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายและจะทำให้ตัวทำละลายเกิดฟองขนาดเล็กๆจำนวนมากและฟองจะแตกออกเกิดเป็นอนุภาคเล็กๆที่มีความแรงมากซึ่งเรียกว่าไมโครเจ็ต (microjet) ที่สามารถเจาะทำลายผนังเซลล์ของพืชได้ การสกัดด้วยวิธีนี้ทำให้ใช้เวลาในการสกัดได้เร็วขึ้น

(6) การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical Fluid Extraction) เป็นวิธีการสกัดโดยอาศัยหลักการคือ เมื่อสารอยู่ในอุณหภูมิและความดันที่สูงกว่าจุดวิกฤติ (critical point) สารนั้นจะมีลักษณะเป็นของไหลที่มีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพอยู่ระหว่างแก๊สและของเหลวซึ่งเรียกว่าของไหลวิกฤตยิ่งยวด (supercritical fluid) โดยจะมีความหนืดและสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายใกล้เคียงกับแก๊ส ถ้ามีการปรับสภาวะอุณหภูมิและความดันให้เหมาะสมจะสามารถแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของของแข็งได้ดี และมีอัตราการถ่ายเทมวลสารสูง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการละลายสารได้เหมือนของเหลว จึงสามารถปรับคุณสมบัติความสามารถในการละลายและความสามารถในการสกัดสารที่ต้องการได้โดยการปรับอุณหภูมิและความดันของของไหลวิกฤตยิ่งยวด ซึ่งของไหลวิกฤตยิ่งยวดที่นิยมใช้คือ Supercritical Carbondioxide การเลือกใช้วิธีการสกัดแบบใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด รวมทั้งต้นทุนการผลิตและการนำไปใช้ โดยวิธีการสกัดจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ ดังนั้นวิธีการสกัดจึงมีความสำคัญ

สรีรวิทยาของระบบประสาทรับกลิ่น

เมื่อสกัดแยกสารหอมหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชได้แล้วจะนำสารสกัดไปใช้ประโยชน์ในรูปของสารสกัดหยาบ (crude extract) หรือนำไปผ่านขั้นตอนการทำสารสกัดให้บริสุทธิ์ต่อไปก่อนแล้วจึงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มีงานวิจัยหลายเรื่อง (Kim & Watanuki, 2003; Masago *et al.*, 2003; Satoh & Sugawara, 2003; Watanuki & Kim, 2005) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลิ่นในการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่พอใจ และการศึกษาปฏิกิริยาการตอบสนองต่อกลิ่นเมื่อใช้กลิ่นเป็นสิ่งเร้า โดยกลไกการตอบสนองต่อกลิ่นจะเกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาท ดังนั้นการเข้าใจโครงสร้างและสรีรวิทยาของระบบประสาทจึงมีความสำคัญ ซึ่งโดยทั่วไป ระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงจำแนกได้เป็น 2 ส่วนสำคัญ ได้แก่ ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system; CNS) และระบบประสาทนอกส่วนกลาง (peripheral nervous system; PNS) CNS ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ซึ่งมีหน้าที่สำคัญ 2 ประการคือการรับและประมวลผลข้อมูลการรับรู้สัมผัส และควบคุมการเคลื่อนไหวของ

ร่างกาย PNS คือเนื้อเยื่อประสาทภายนอกสมองและไขสันหลัง ประกอบด้วยเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง PNS ยังแบ่งออกเป็นระบบประสาทซิมพาติกซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อ และระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system ; ANS) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมโครงสร้างภายใน (ต่อมและอวัยวะของร่างกาย) นอกจากนี้ ANS ยังมีหน้าที่ควบคุมการตอบสนองภายในและการตอบสนองนอกเหนือการควบคุมของอำนาจจิตใจซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้ โดยระบบประสาทอัตโนมัติ แบ่งออกเป็นระบบประสาทซิมพาติก (sympathetic nervous system ; SNS) และพาราซิมพาติก (parasympathetic nervous system; PNS) ซึ่งทำหน้าที่ต่างกัน คือ SNS ควบคุมภาวะที่ต้องใช้พลังงาน ในขณะที่ PNS ควบคุมภาวะพัก (ฐาปณีย์ หงส์รัตนารกิจ, 2550) ตามปกติอวัยวะบางอย่างจะเชื่อมโยงด้วยเส้นประสาทเพียงส่วนเดียวของ ANS เช่น ต่อมเหงื่อ เส้นเลือดบริเวณผิวหนัง และต่อมหมวกไตที่มีเส้นประสาทเชื่อมโยงจาก SNS เท่านั้น อวัยวะส่วนใหญ่มีเส้นประสาทเชื่อมโยงจากทั้ง SNS และ PNS โดยที่ SNS และ PNS มักมีปฏิกิริยาตรงข้ามกัน ปฏิกิริยาของร่างกายที่ชัดเจนที่สุดจาก SNS คือ ภูม่านตาขยาย การหลั่งน้ำลายลดลง (ทำให้ปากแห้ง) เหงื่อออก (ทำให้มือชื้น) หลอดเลือดหดตัวบริเวณส่วนปลายของร่างกาย (ทำให้มือและเท้าเย็น) หลอดเลือดขยายตัวบริเวณกล้ามเนื้อและสมอง อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น ความดันโลหิตสูงขึ้น อัตราการหายใจถี่ขึ้น และกระบวนการย่อยลดลง ปฏิกิริยาของร่างกายโดย PNS คือ ภูม่านตาหดแคบลง น้ำลายเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจลดลง ความดันโลหิตต่ำลง อัตราการหายใจลดลง และกระบวนการย่อยและทางเดินอาหารทำงานเพิ่มขึ้น (Andreassi, 2000; มีชัย ศรีใส, 2546)

สำหรับระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น (Olfactory Sensory Neurons) มีกลไกการทำงานคือ เมื่อมีกลิ่นกระตุ้นจากภายนอกมาสัมผัสกับอวัยวะรับกลิ่นที่บริเวณจมูก ซึ่งภายในเยื่อบุโพรงจมูกจะมีตัวรับกลิ่น (olfactory receptor) อยู่ โดยเซลล์ตัวรับดังกล่าวมีอยู่ประมาณ 10-20 ล้านเซลล์ ตัวรับแต่ละเซลล์เป็นเซลล์ประสาทชนิดสองขั้ว (bipolar neuron) ตัวเซลล์ประสาทรับกลิ่นจะมี dendrite ที่สั้นและป้อม ส่วนปลายแผ่ออกเรียกว่า olfactory rod ซึ่งจะมียขน (cilia) เล็กๆยื่นออกมาทำหน้าที่ดูดซึมหรือรับกลิ่น จากนั้นจะส่งกระแสประสาทเข้าสู่สมอง และเกิดการแปลผลออกมาว่าเป็นกลิ่นต่างๆ ซึ่งการรับรู้กลิ่นจะมีความสัมพันธ์กับความจำและประสบการณ์ตาม Classical Conditioning Theory รวมทั้งอารมณ์และความรู้สึกด้วย ดังนั้นการทำงานของระบบรับกลิ่นจึงเกี่ยวข้องกับสมองในระบบลิมบิกด้วย (อภิชัย ชัยเศรษฐ, 2551) ระบบลิมบิก (limbic system) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่นและการแสดงออกของพฤติกรรมด้านอารมณ์ โดยมีการทำงานร่วมกับ hypothalamus และ amygdala ซึ่ง amygdala จะทำหน้าที่นำส่งกระตุ้นที่ได้รับจากระบบประสาทรับความรู้สึกมาเปรียบเทียบกับประมวลผลโดยอาศัยความจำและประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วส่งผลการตอบสนองไปยัง hypothalamus และก้านสมองเพื่อที่จะเกิดการแสดงออกของพฤติกรรมและควบคุมการแสดงออกทางอารมณ์ (ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม, 2550) จากการศึกษากลไกการทำงานของสมองและระบบประสาทดังกล่าวข้างต้นจะเห็นว่าสมองแต่ละส่วนจะมีการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบโดยผลที่เกิดขึ้นนั้นจะส่งผลร่วมกันทั้งทางด้านจิตใจและทางด้านร่างกายหรืออาจกล่าวได้ว่าระบบทางสรีรวิทยาของร่างกายและจิตใจมีความสัมพันธ์ต่อกันที่ไม่อาจแยกออกจากกันได้เด็ดขาด

การตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่น

การประเมินผลจากการทำงานของสมองที่สัมพันธ์กับการประมวลผลข้อมูลของประสาทรับความรู้สึก ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการประเมินผลกระทบทางจิตของกลิ่น โดย Masako, et al. (2000) รายงานว่ามีการวิจัยหลายสาขาที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของกลิ่นและผลกระทบของกลิ่นทั้งทางสรีรวิทยาของร่างกาย (Physiological) และผลกระทบทางจิตใจ (Psychological) รวมทั้งการประเมินผลของกลิ่นทางด้านประสาทรับความรู้สึก (Sensory Evaluation) ซึ่งเป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าการสูดกลิ่นสารที่มีกลิ่นหอม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายและใจในมนุษย์ และผลของสารที่มีกลิ่นหอมจะกระตุ้นกลไกทางสรีรวิทยาและทางจิตวิทยา (Tisserand, 1977) การศึกษาผลของกลิ่นหอม มีวิธีการต่างๆ ที่นำมาใช้ในการประเมินผลของกลิ่นที่มีต่อร่างกายและจิตใจ โดยสามารถแบ่งรูปแบบการประเมินผลการตอบสนองที่มีต่อกลิ่นได้ดังนี้

1. ผลการตอบสนองต่อกลิ่นทางจิตวิทยา (Psychological Response) เป็นการประเมินเชิงจิตวิสัย โดยใช้แบบทดสอบทางจิตวิทยาให้ผู้ที่ได้รับกลิ่นกระตุ้นประเมินความรู้สึกที่มีต่อกลิ่น เป็นวิธีการที่มีการนำความรู้ทางด้านจิตวิทยาเข้ามาช่วยในการสร้างแบบวัดและใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ผล แต่การประเมินผลด้วยวิธีทางจิตวิทยายังมีความคลาดเคลื่อนได้ค่อนข้างมาก เพราะเป็นการยากที่จะสามารถวัดความรู้สึกนึกคิดที่อยู่ภายในออกมาได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม

2. ผลการตอบสนองต่อกลิ่นทางด้านสรีรวิทยา (Physiological Response) เป็นการประเมินผลของกลิ่นที่มีต่อการทำงานของระบบประสาท ซึ่งสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ ดังนี้

2.1 การตอบสนองของกลิ่นต่อการทำงานของหัวใจ

Hongratanaworakit (2004) รายงานข้อมูลผลงานวิจัยการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่นว่า เกณฑ์วัดทางสรีรวิทยาที่นิยมนำมาใช้วัดการทำงานของหัวใจคืออัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิต ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจที่เร็วขึ้นมักเนื่องมาจากความเครียด นอกจากนี้อัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไป อาจมีผลมาจากภาวะซึมเศร้าซึ่งทำให้หัวใจเต้นช้าลง เนื่องจากการทำงานของระบบประสาท PNS ทำให้การทำงานของหัวใจลดลงและส่งผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ในขณะที่ SNS ทำให้การทำงานของหัวใจเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการสูบฉีดโลหิต งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว ได้แก่

ผลการศึกษาของ Schwartz (1988) ใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตเป็นตัวบ่งชี้หรือเป็นเกณฑ์วัดการออกฤทธิ์กล่อมประสาทของสารที่มีกลิ่นหอม โดยพบว่ากลิ่นหอมของ spiced apple ส่งผลให้ลดอาการเครียด และความดันโลหิต ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Yamaguchi (1990) ใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับวัดผลกระทบของกลิ่นมะนาวและกลิ่นกุหลาบ โดยพบว่ากลิ่นมะนาวทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น ในขณะที่กลิ่นกุหลาบลดอัตราการเต้นของหัวใจ ข้อค้นพบเช่นนี้ชี้ให้เห็นว่ากลิ่นมะนาวออกฤทธิ์กระตุ้น (เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ) ในทางตรงข้าม กลิ่นกุหลาบออกฤทธิ์กล่อมประสาท (ลดอัตราการเต้นของหัวใจ) ซึ่งผลการวิจัยในการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Kikuchi, et al. (1991)

พบว่ากลิ่นมะนาวทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นการออกฤทธิ์กระตุ้น ในขณะที่กลิ่นกุหลาบลดอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งแสดงให้เห็นการออกฤทธิ์กล่อมประสาท และรายงานของ Nagai, et al. (1991) รายงานว่าน้ำมันเมล็ดยี่ห่วยช่วยบรรเทาอาการหัวใจเต้นช้า Brauchli, et al. (1995) ระบุว่าการสูดกลิ่นที่พอใจและไม่พอใจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติ คือ อัตราการเต้นของหัวใจ โดยพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นระหว่างให้สูดกลิ่นกรดวาเลอริก (valeric acid) ในทางตรงข้ามอัตราการเต้นของหัวใจลดลง เมื่อสูดกลิ่น phenylethyl alcohol ซึ่ง Phenylethyl alcohol ถูกประเมินว่าเป็นกลิ่นที่พอใจ ในขณะที่กรดวาเลอริกถูกประเมินว่าเป็นกลิ่นที่ไม่พอใจ นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Hongratanaworakit, et al. (2003) ได้ศึกษาผลของกลิ่นน้ำมันส้มต่อพฤติกรรมของมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจที่ตอบสนองต่อการกระตุ้นประสาทรับกลิ่น โดยพบว่ากลิ่นน้ำมันส้มทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและทำให้เกิดความรู้สึกตื่นตัวหลังสูดกลิ่น ข้อค้นพบเช่นนี้แสดงให้เห็นการออกฤทธิ์กระตุ้นประสาทของน้ำมันส้ม ดังนั้นจากรายงานการวิจัยดังกล่าวข้างต้น จึงกล่าวได้ว่ากลิ่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจได้สองรูปแบบคือฤทธิ์กระตุ้นประสาทโดยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น และกลิ่นที่มีฤทธิ์กล่อมประสาทโดยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น งานวิจัยของ Lee & Watanuki (2007) ศึกษาเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบหลอดเลือดหัวใจ ทำการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างได้รับสิ่งกระตุ้นด้วยภาพที่ก่อให้เกิดความเครียด จากนั้นวัดผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาจากพารามิเตอร์ดังนี้ วัดการตอบสนองของหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular) โดยตรวจสอบจากสัญญาณการเต้นของหัวใจ (Electrocardiogram; ECG) วัดความดันโลหิต (Blood pressure) วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR) วัด High-frequency of heart rate variability (HF-HRV) Low-frequency of heart rate variability (LF-HRV) วัดปริมาณเลือดที่ออกจากห้องหัวใจที่หัวใจบีบตัวในแต่ละครั้ง (Stroke volume; SV) วัดช่วงระยะเวลาที่เริ่มเกิดการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (Pre-ejection period; PEP) และคำนวณค่า Cardiac output (CO); $CO = SV \times HR$ เพื่อหาดัชนีชี้วัดทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมในการประเมินผู้ปวยที่มีภาวะความเครียด ผลการทดลองพบว่า การตอบสนองทางสรีรวิทยาเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจขึ้นอยู่กับประเภทของสิ่งเร้าหรือรูปแบบของสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความเครียด โดยดัชนีชี้วัดทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมในการนำมาประเมินความเครียดของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกคือ ช่วงระยะเวลาที่เริ่มเกิดการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่ก่อให้เกิดความเครียด (Pre-ejection period; PEP) และผลลัพธ์จากการทำงานของหัวใจ (Cardiac output; CO) สำหรับดัชนีชี้วัดทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมในการนำมาประเมินความเครียดของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติพาราซิมพาเทติกคือ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR) และการวัด High-frequency of heart rate variability (HF-HRV)

2.2 การตอบสนองของกลิ่นต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผิวหนัง

การวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่ผิวหนัง เช่น การนำไฟฟ้าที่ผิวหนัง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหนัง เป็นต้น ความสามารถในการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังเป็นตัวชี้วัดระดับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

ของผิวหนังที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอดีต ปรากฏการณ์ที่เห็นได้ชัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณผิวหนังคือการมีมือที่ชื้นและเย็นเมื่ออยู่ในสภาวะเครียด ความเย็นดังกล่าวมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณรอบๆเส้นเลือด ในขณะที่ความชื้นเกิดจากการทำงานของต่อมเหงื่อ ต่อมเหงื่อจะหลั่งสารละลายเกลือเพื่อตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นอารมณ์เครียด และสารละลายเกลือนี้นี้เป็นตัวนำไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าความสามารถในการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางจิตและอารมณ์ โดย การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของต่อมเหงื่อ โดยผ่านใยประสาท cholinergic sympathetic fibers ต่อมเหงื่อมีเส้นประสาทเชื่อมโยงจาก SNS ดังนั้นการวัดการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังจึงเป็นตัวบ่งชี้ที่มีต่อการทำงานของ SNS ในสภาวะสะท้อนอารมณ์ การทำงานของ SNS มีความสัมพันธ์กับการทำงานมากขึ้นของต่อมเหงื่อ และมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการนำไฟฟ้าสูงขึ้น (Satoh & Sugawara, 2003)

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ผิวหนัง เช่นParasuraman, et al.(1992) รายงานว่าการสูดกลิ่นหอมของ peppermint ช่วงละครั้งนาที่ระหว่างทำภารกิจ vigilance task ทำให้ความสามารถในการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Steiner (1994 อ้างถึงใน Hongratanaworakit, 2004) ได้ศึกษาผลกระทบของกลิ่นกุหลาบ และมะลิโดยใช้ความสามารถในการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังเป็นตัวบ่งชี้การกระตุ้นของกลิ่นดังกล่าว พบว่าการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังของกลิ่นสังเคราะห์กุหลาบและมะลิมีฤทธิ์กระตุ้นที่น้อยกว่ากลิ่นกุหลาบและมะลิที่สกัดจากธรรมชาติ และในการศึกษานี้ยังได้ทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด (Bergamot oil) น้ำมันหอมของลาเวนเดอร์ (lavender oil) และส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดในอัตราส่วน 2:1 เมื่อตรวจสอบการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังและวัดการกระตุ้นความรู้สึก พบว่าการใช้ส่วนผสมของกลิ่นดังกล่าวมีฤทธิ์กระตุ้นการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังน้อยกว่าแยกแต่ละกลิ่น รายงานของ Brauchli, et al. (1995) ได้ศึกษาผลกระทบของกลิ่นต่อระดับการนำไฟฟ้าของผิวหนังโดยใช้ 2 - Phenylethanol ซึ่งมีกลิ่นคล้ายกลิ่นกุหลาบ พบว่าระดับการนำไฟฟ้าที่ผิวหนังลดลงและถูกประเมินว่าเป็นกลิ่นที่พอใจ ในทางตรงข้าม pentanoic acid ซึ่งเป็นกลิ่นคล้ายเหงื่อหรือชีส แสดงระดับการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และถูกประเมินว่าเป็นกลิ่นที่ไม่พอใจ

นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยของ Satoh & Sugawara (2003) ศึกษาเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผิวหนังซึ่งเป็นผลจากการสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยของใบโหระพา และใบสะระแหน่ โดยให้กลุ่มตัวอย่างได้รับกลิ่นสารละลายน้ำมันหอมระเหยของโหระพา และสะระแหน่ ที่เจือจาง 100 เท่า โดยการสูดดมกลิ่นก่อนและหลัง mental work ที่เป็นการบวกเลขเรียงต่อกันในเวลา 5 นาที วัดอุณหภูมิผิวหนังโดยใช้ thermistors พื้นผิวบาง (2x10 mm) เป็น recording sensors ติดไว้ที่ปลายนิ้วทุกนิ้ว และที่ฝ่ามือได้นิ้วชี้มือซ้ายด้วยเทปขาว บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 15 วินาที ผลการทดลองพบว่าการสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยของใบโหระพา หลังทำการบวกเลข ทำให้อุณหภูมิผิวหนังเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับกรณีของการสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยของใบสะระแหน่ เนื่องจากการรับรู้กลิ่นจะมีความสัมพันธ์กับการตอบสนองต่อกลิ่น โดยความจำเพาะของกลิ่นจะเป็นตัวกระตุ้นระบบประสาทซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีการรับรู้ต่อกลิ่นได้ต่างกัน ดังนั้นจึงนำไปสู่ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อกลิ่นที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าการวัดการตอบสนองของอุณหภูมิจะเห็น

ข้อแตกต่างของการตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกายที่มีต่อการกระตุ้นด้วยกลิ่นก็ตาม แต่การวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหนังยังมีข้อจำกัดในบางประเด็น เช่น ความยุ่งยากในการคำนวณผลและความแปรปรวนของระดับอุณหภูมิ ทำให้ยังคงมีการพัฒนาวิธีการตรวจวัดการตอบสนองต่อกลิ่นด้วยวิธีการอื่นๆต่อไป

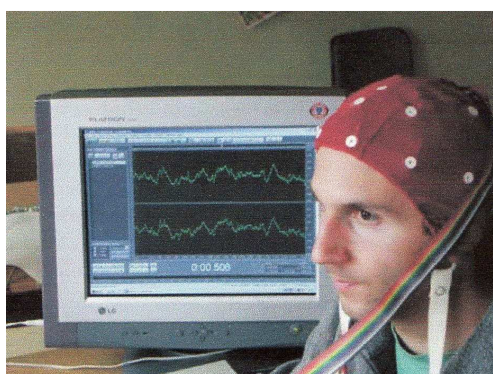
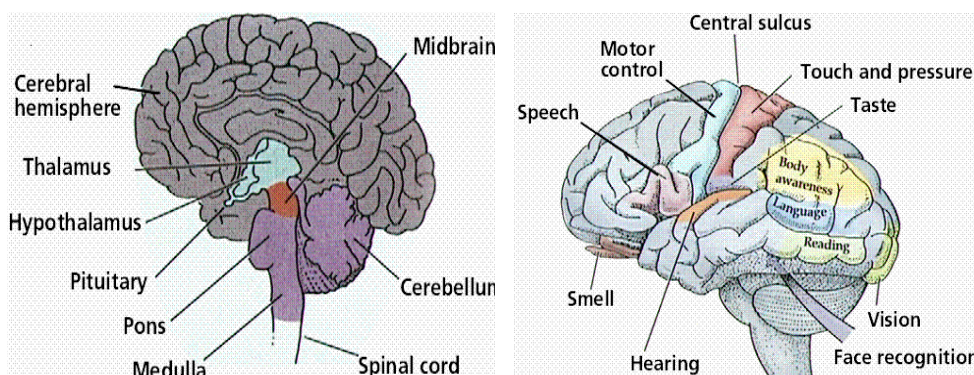
2.3 การตอบสนองของกลิ่นต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเมตาบอลิท์

อารมณ์ที่พอใจซึ่งถูกเหนี่ยวนำด้วยสิ่งเร้า จะมีผลต่อการทำงานของระบบประสาท และจะเกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกายในรูปแบบต่างๆ โดยเมื่อประสาทสัมผัสทั้งห้ารับข้อมูลเข้าสู่ สมองส่วน amygdala แล้ว สมองส่วนนี้จะทำหน้าที่แยกแยะการนำเข้าสู่ของสิ่งเร้าจากประสาทสัมผัสทั้งห้า และเกิดการทำงานร่วมกันระหว่าง amygdala กับสมองส่วน medial forebrain และระบบ periventricular system ด้วย ดังนั้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสจึงน่าจะมีบทบาทในการแสดงออกของอารมณ์ด้วยเช่นกัน ซึ่งไฮโปทาลามัสจะทำหน้าที่ควบคุมสมดุลต่างๆของร่างกาย ในรูปแบบการควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่อ เพื่อผลิตฮอร์โมนต่างๆที่จำเป็น โดยที่ปริมาณฮอร์โมนต่างๆเหล่านี้ จะมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติด้วย ดังนั้นการที่เราจะศึกษาผลของอารมณ์ที่พอใจซึ่งถูกเหนี่ยวนำด้วยสิ่งเร้าที่มีต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรูปแบบต่างๆ จึงต้องวัดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ และระบบภูมิคุ้มกันด้วย เพื่อเป็นการยืนยันผลการวิจัย ซึ่งตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายจากปริมาณสารเมตาบอลิท์ของระบบต่อมไร้ท่อ และฮอร์โมนได้แก่ งานวิจัยของ Watanuki & Kim (2005) ได้ทำการทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับสิ่งเร้า 3 ประเภท คือ กลิ่น ภาพ และเสียง จากนั้นวัดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ดังนี้ วัดการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันจากปริมาณอิมมูโนโกลบูลินเอในน้ำลาย (salivar Immunoglobulin A ; s-IGA) วัดการตอบสนองของระบบต่อมไร้ท่อโดยวัดความเข้มข้นของฮอร์โมน cortisol ผลการทดลองพบว่าการตอบสนองต่อสิ่งเร้าทำให้เกิดความรู้สึกพอใจ ร่างกายมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสิ่งเร้า โดยพบการเปลี่ยนแปลงของสารคัดหลั่งจากระบบภูมิคุ้มกัน และฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ เมื่อวัดปริมาณ s-IGA ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดทางสรีรวิทยาของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย พบว่า s-IGA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลการวัดปริมาณ cortisol hormone ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดทางสรีรวิทยาของระบบต่อมไร้ท่อ พบว่า cortisol hormone ซึ่งเป็นฮอร์โมนเกี่ยวกับความเครียด จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.4 การตอบสนองของกลิ่นต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของคลื่นไฟฟ้าสมอง

วิธีการนี้เป็นการประเมินผลของกลิ่นโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย electroencephalographic (EEG) การวัด EEG เป็นการแสดงการตอบสนองของคลื่นสมองที่ปรากฏในลักษณะของช่วงเวลาที่ใช้ในการตอบสนอง (time domain) หรือความถี่ของคลื่นสมอง (frequency domain) คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทที่แตกต่างกันในขณะที่สมองทำงานกับระยะพักตัว โดยพบว่าระยะปกติ (polarization) ในเซลล์จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ และนอกเซลล์จะเป็นบวก ค่าความต่างศักย์วัดได้ประมาณ -70mV เรียกค่าศักย์ไฟฟ้าในช่วงนี้ว่าศักย์ไฟฟ้าระยะพัก (resting membrane potential) เนื่องจากนอกเซลล์มี Na^+ และ Cl^- มาก ส่วนข้างในมี K^+ กับไอออนลบ (anion: A^-) ของสารชีวโมเลกุล เช่น โปรตีน ดีเอ็นเอ อยู่มาก

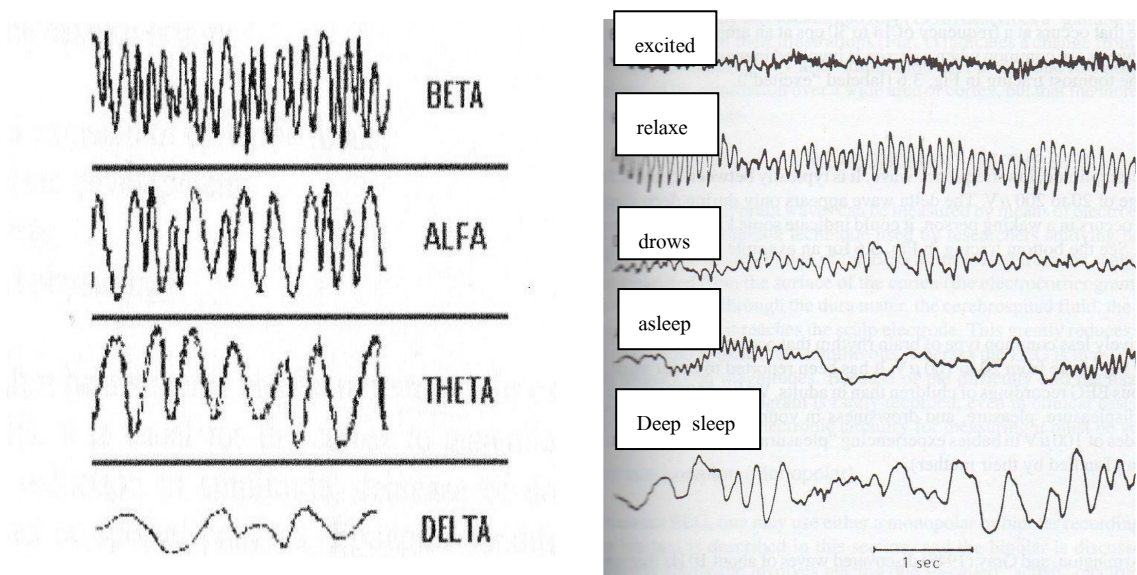
ในระยะเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้า (depolarization) หรือระยะที่มีการส่งกระแสประสาทในขณะที่เซลล์ประสาทถูกกระตุ้นนั้น Na^+ จะแพร่เข้า และ K^+ จะแพร่ออกจากเซลล์ตามความแตกต่างของความเข้มข้นและศักย์ไฟฟ้า ทำให้เสียสมดุลของไอออนได้ เซลล์จึงปรับให้เกิดสมดุลโดยเกิดกระบวนการ active transport เอา Na^+ ออกนอกเซลล์และนำ K^+ กลับเข้าเซลล์อยู่ตลอดเวลา ในอัตราส่วน $3 \text{Na}^+ : 2 \text{K}^+$ เรียกกลไกนี้ว่า $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump เซลล์ประสาทจึงต้องมีไมโทคอนเดรีย (mitochondria) อยู่มาก เพื่อที่จะผลิตพลังงานให้กับเซลล์ ดังนั้นการเกิดกระแสประสาท (nerve impulse) จึงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์นี้เอง (ราตรี สุธทรง และ วีระชัย สิงหนิยม, 2550)



ภาพที่ 5 (บน): สมองและการทำงานของสมองส่วนต่าง ๆ (ล่าง): การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง
ที่มา : Teplan (2002)

จากข้อค้นพบดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้มีการศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเกิดขึ้นเป็นลำดับ การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย EEG เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจใช้วัดการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองแบบ noninvasive คือไม่ต้องเจาะอิเล็กโทรดเข้าไปในเนื้อสมองจะวัดคลื่นสมองที่บริเวณผิวนอกศีรษะหรือที่เปลือกสมอง โดยคลื่นไฟฟ้าสมองจะมีความถี่ที่ต่างกัน คือคลื่นความถี่ต่ำในช่วง 0-4 Hz เรียกว่าคลื่นเดลต้า (delta)

ส่วนคลื่นที่มีย่านความถี่ในช่วง 4-8 Hz เรียกว่าคลื่นเทต้า (theta) และคลื่นที่มีความถี่ในช่วง 8-13 Hz เรียกว่าคลื่นแอลฟา (alpha) ส่วนคลื่นที่มีความถี่สูงกว่านี้เรียกว่าคลื่นเบต้า (beta) โดยมีความถี่ในช่วง 13-30 Hz (Sanei & Chambers, 2007) ดังนั้นจึงมีการนำการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย EEG มาประยุกต์ใช้ในวงการต่างๆ กันมาก โดยเฉพาะการนำมาใช้วิเคราะห์ผลกระทบของสิ่งกระตุ้นที่มีต่อการตอบสนองของคลื่นสมอง ซึ่งเป็นการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาวิธีการหนึ่งที่สามารถสะท้อนให้เห็นโดยตรงถึงระดับความรู้สึก สภาวะจิตใจ และระดับการกระตุ้นของสิ่งเร้าได้ เช่น ในขณะที่กำลังอยู่ในสภาวะเครียด คลื่นเบต้า จะปรากฏชัด ในทางตรงข้ามเมื่ออยู่ในสภาวะที่ผ่อนคลายคลื่นแอลฟา จะเพิ่มสูงขึ้น (Knott, 2000)



ภาพที่ 6 ซ้าย : คลื่นไฟฟ้าสมองที่ระดับความถี่ต่าง ๆ ขวา : ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองที่สภาวะต่าง ๆ

ที่มา : Andreassi (2000)

รายงานการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของกลิ่นที่มีต่อคลื่นไฟฟ้าสมอง เช่นรายงานของ Lorig & Schwartz (1988) ได้ทำการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างได้รับกลิ่น 3 ชนิด คือ ยูคาลิปตัส, ลาเวนเดอร์, spiced apple และ กลิ่นควบคุม (สารละลายไม่มีกลิ่น) บันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย EEG พบว่ามีความแตกต่างของคลื่น alpha และ theta เมื่อได้รับกลิ่นกระตุ้นที่แตกต่างกันกล่าวคือ กลิ่น Spiced apple odor กระตุ้นการทำงานของ alpha activity สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่า Spiced apple odor มีฤทธิ์ในการผ่อนคลายของระบบประสาท นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยของ Sugano (1989) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้รับกลิ่น lavender, cineol, jasmine, sandalwood และ alpha-pinene พบว่าคลื่น alpha เพิ่มขึ้นเมื่อสูดกลิ่น lavender, cineol, sandalwood และ alpha-pinene ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรู้สึกผ่อนคลาย เมื่อสูดกลิ่นดังกล่าว ในขณะที่การสูดกลิ่นมะลิ (jasmine)

ให้ผลในทางตรงข้ามกล่าวคือ พบการเปลี่ยนแปลงของคลื่นเบต้า (beta) เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงการกระตุ้นประสาทของคลื่นมะลิ การศึกษาเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อได้รับกลิ่นกระตุ้นยังคงดำเนินต่อมานับตั้งแต่ปีค.ศ. 2000 เป็นต้นมา ดังรายงานของ Masago, et al. (2000) ศึกษาผลการสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อกิจกรรมคลื่นไฟฟ้าสมองและการประเมินการรับรู้ทางประสาทสัมผัส การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ในช่วงที่มีการสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหย และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวกับการประเมินในเชิงจิตวิสัย โดยทำการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างสูดกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิดคือ eugenol, lavender, sandalwood และ chamomile บันทึก EEG ในช่วงพัก (30 วินาที) และช่วงได้รับกลิ่น (90 วินาที) จากนั้นให้ตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความรู้สึกทางประสาทสัมผัสที่มีต่อกลิ่น ผลการทดลองพบว่า ค่า Power of alpha1 จะลดลงที่บริเวณสมองส่วน parietal และ posterior temporal regions เมื่อสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหย eugenol, lavender และ chamomile สำหรับผลการประเมินความรู้สึกด้านประสาทสัมผัสพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกสบายเมื่อสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดังกล่าว

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงข้อขัดแย้งเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแอลฟา เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจาก eugenol, lavender และ chamomile ซึ่งถูกประเมินว่าทำให้มีความรู้สึกสบาย ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆหลายประการ เช่น รูปแบบการบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่งของสมองที่บันทึกข้อมูล เทคนิคในการให้กลิ่นกับกลุ่มตัวอย่าง ชนิดของกลิ่น ระยะเวลาในการให้กลิ่น และการควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ระหว่างการทดลอง เป็นต้น (Martin, 1998) ดังนั้นการวิจัยเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อได้รับกลิ่นเป็นสิ่งกระตุ้น จึงยังคงจำเป็นต้องศึกษากันไปเพื่อหาข้อสรุปของประเด็นดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Satoh, et al. (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อได้รับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยของใบโหระพา(basil) และใบสะระแหน่ (peppermint) เพื่อประเมินลักษณะเฉพาะตัวของกลิ่นแต่ละชนิดต่อการกระตุ้นทางจิตประสาท ผลการวิจัยพบว่าการสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยของโหระพามีผลทำให้คลื่นเบต้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่การสูดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยของสะระแหน่มีผลทำให้คลื่นเบต้าลดลง แสดงให้เห็นว่ากลิ่นของใบสะระแหน่ ให้ความรู้สึกที่ผ่อนคลายและมีผลในเชิงกล่อมประสาท ในขณะที่กลิ่นใบโหระพาออกฤทธิ์ในด้านกระตุ้นประสาท ความแตกต่างนี้เกิดจากความจำเพาะของกลิ่นแต่ละชนิดจึงเป็นสาเหตุทำให้มีการรับรู้ต่อกลิ่นได้ต่างกัน และนำไปสู่ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อกลิ่นที่แตกต่างกัน ในช่วงเวลาเดียวกันนี้มีรายงานวิจัยของ Kim & Watanuki (2003) ศึกษาการวัดการตอบสนองของคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อได้รับกลิ่นกระตุ้น 2 แบบคือกลิ่นที่พอใจกับกลิ่นที่ไม่พอใจ โดยใช้ความเข้มข้นของกลิ่นแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าคลื่นเบต้าที่สมองส่วนหน้าซีกซ้ายจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระหว่างสูดกลิ่นที่พอใจที่ระดับความเจือจาง 150 เท่า กับกลิ่นควบคุม (น้ำกลั่น) ในขณะที่กลิ่นไม่พึงประสงค์ทำให้คลื่นแอลฟาลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลิ่นควบคุม โดยพบการทำงานที่เพิ่มขึ้นของสมองที่บริเวณ bilateral frontal fields

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น เกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อได้รับกลิ่นเป็นสิ่งกระตุ้น เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างคลื่นแอลฟา กับคลื่นเบต้า จะพบว่าถ้ากลิ่นกระตุ้นที่กลุ่มตัวอย่างได้รับนั้นออกฤทธิ์ในเชิงกล่อมประสาทจะส่งผลให้คลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ของคลื่นแอลฟาเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เพิ่มขึ้น หรือคลื่นเบต้าลดลง โดยทำให้มีความรู้สึกผ่อนคลาย ในขณะที่กลิ่นตัวอย่างที่ออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาท จะมีผลทำให้คลื่นเบต้าเพิ่มขึ้น ส่วนคลื่นแอลฟาจะลดลง โดยทำให้มีความรู้สึกตื่นตัว ซึ่งกลิ่นที่ทำให้เกิดความตื่นตัวหรือกระตุ้นประสาทนั้นอาจเป็นกลิ่นที่ถูกประเมินว่าพอใจหรือไม่พอใจก็ได้ ซึ่งกลิ่นที่ไม่พอใจดังกล่าวอาจเป็นกลิ่นที่ฉุน หรือหอมรุนแรง เมื่อสุดคมจะได้กลิ่นชัดเจน จึงเป็นไปได้ว่ากลิ่นที่ออกฤทธิ์กระตุ้นประสาทอาจเป็นกลิ่นที่ทำให้รู้สึกพอใจหรือเป็นกลิ่นที่ไม่พอใจก็ได้ ดังนั้นในการวัดการตอบสนองที่มีต่อกลิ่นจึงควรวัดทั้งคลื่นไฟฟ้าสมอง และวัดการประเมินทางจิตควบคู่กันไปด้วย แม้ว่าการประเมินทางจิตวิทยาจะมีความแม่นยำน้อยกว่าการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองก็ตาม

สำหรับการศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับการตอบสนองต่อกลิ่นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองโดย Watanuki & Kim (2005) พบว่าเมื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้รับกลิ่นหอมจากเปลือกไม้ (wood-extract) แล้ววัด EEG พบคลื่นเบต้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่บริเวณสมองส่วน left frontal lobe และรายงานของ Lijima, et al. (2009) ศึกษาผลกระทบของกลิ่นกำยานที่มีต่อการทำงานของสมองเมื่อประเมินผลโดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย EEG และศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potentials ; ERPs) พบว่าการทำงานของคลื่นแอลฟา (1013 Hz) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่สมองบริเวณ bilateral posterior regions ระหว่างสูดกลิ่นกำยาน และมีค่า amplitudes ของคลื่นสูงสุดเช่นกันระหว่างการสูดกลิ่นกำยาน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการที่ alpha activity ทำงานเพิ่มขึ้นโดยที่ theta ไม่เพิ่มขึ้น ชี้ให้เห็นว่าการกระตุ้นทางกลิ่นด้วยกำยานส่งผลให้การทำงานของสมองผ่อนคลาย

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการจะพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังรายงานของ Brauchli, et al. (1995) พบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างสูดกลิ่นกรควาลิรีค (valeric acid) ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น โดยกลิ่นดังกล่าวถูกประเมินว่าเป็นกลิ่นที่ไม่พอใจ ในขณะที่เมื่อกลุ่มตัวอย่างสูดกลิ่น phenylethyl alcohol ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง ซึ่ง Phenylethyl alcohol ถูกประเมินว่าเป็นกลิ่นที่พอใจ และเมื่อวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่าคลื่นแอลฟาเพิ่มขึ้นที่บริเวณสมองส่วนหน้า ดังนั้นอัตราการเต้นของหัวใจ จึงน่าจะมีความสัมพันธ์กับการตอบสนองของคลื่นไฟฟ้าสมอง กล่าวคือกลิ่นที่ออกฤทธิ์กล่อมประสาทจะส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง โดยที่คลื่นแอลฟาจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองดังกล่าวข้างต้น เราจึงสามารถนำวิธีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ทำได้ง่าย มาใช้ในการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อวัดหรือประเมินเบื้องต้นเกี่ยวกับอารมณ์ ความรู้สึกที่มีต่อกลิ่นได้ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับคลื่นไฟฟ้าสมอง ยังมีผู้ศึกษากันน้อยมาก การที่จะสรุปสมมติฐาน

ว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์สอดคล้องต่อกัน จึงยังต้องการข้อมูลจากผลการวิจัยมาพิสูจน์ประเด็นดังกล่าว ให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งหากพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจกับคลื่นไฟฟ้าสมองมีความสัมพันธ์ต่อกันจริง จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการวิจัยในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก เนื่องจากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจสามารถทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์และแปลผลที่ยุ่งยาก จึงสามารถนำมาประเมินหรือวัดอารมณ์ความรู้สึกที่มีต่อกลิ่นที่เป็นสิ่งเร้าได้ ซึ่งให้ผลการวัดเป็นตัวเลขที่สามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ และมีความเป็นรูปธรรมแม่นยำ ชัดเจนมากกว่าการประเมินด้วยแบบทดสอบทางจิตวิทยาที่มีโอกาสพบความคลาดเคลื่อนในการวัดได้มากกว่า

สรุป

กลิ่นเป็นสิ่งที่เร้าที่กระตุ้นให้เกิดอารมณ์ ความรู้สึกต่างๆ ได้ง่าย และมีการนำกลิ่นมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ทั้งผลิตภัณฑ์เพื่ออุปโภค และบริโภค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อก่อให้เกิดความพึงพอใจ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าใช้หรือนำมารับประทาน รวมทั้งมีการนำกลิ่นโดยเฉพาะกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจากพืชมาใช้ในการทำสุนทรบำบัด เพื่อทำให้ร่างกายและจิตใจสบาย ผ่อนคลาย สงบ สดชื่น ลดความเมื่อยล้า และบำรุงผิวพรรณ ซึ่งกลิ่นแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว และมีผลต่อร่างกายและจิตใจได้แตกต่างกัน ดังนั้นการนำกลิ่นมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดด้วยธรรมชาติจำเป็นต้องเข้าใจถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่นในรูปแบบต่างๆ ซึ่งกลไกการออกฤทธิ์ของกลิ่นต่อระบบของร่างกายมี 2 ลักษณะคือ การออกฤทธิ์ทางจิตประสาท (Psychology) และการออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทซึ่งจะเป็นตัวควบคุมกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Physiology) ต่างๆ ของร่างกาย ดังนั้นผู้ที่สนใจที่จะศึกษาการนำกลิ่นไปใช้ประโยชน์ในทางสุนทรบำบัดจึงควรรู้และเข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่มีต่อกลิ่น ซึ่งถูกควบคุมด้วยการทำงานของสมองหรือระบบประสาท และกระบวนการทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ เพื่อที่จะสามารถนำสิ่งเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบของกลิ่นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ. (2550). *น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุนทรบำบัด*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วิบูลย์การปก.
- นันทวัน บุญยะประกฤษ. (2534). การสกัดแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสำคัญจากสมุนไพร, 99-136. ใน *ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ*. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- ประเทืองศรี ลินชัยศรี. (2547). *พรรณพืชหอมและน้ำมันหอมระเหย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ นีออน บุ๊คมีเดีย.
- พรรณไม้น้ำสวนป่าสิริกิติ์ภาคกลาง. (2535). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชูติมาการพิมพ์.
- เพ็ญญา ทรัพย์เจริญ และ คมสัน หุตะแพทย์. 2549. *มหัศจรรย์พรรณไม้หอมและเครื่องหอมไทย*. นนทบุรี: ศูนย์พัฒนาตำราการแพทย์แผนไทย มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา.

- มีชัย ศรีใส. (2546). *ประสาทกายวิภาคศาสตร์*. ภาควิทยาการวิทยาศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2552). การเตรียมสารสกัดจากสมุนไพร, น.27-50. ใน มัณฑนา ภาณุมากรณ์ (บรรณาธิการ). *เครื่องสำอางเพื่อความงามและสุขภาพ*. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, กรุงเทพฯ.
- ราตรี สุตทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม. (2550). *ประสาทสรีรวิทยา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ พัดอินทร์, มยุรี กัลยาวัฒนกุล และ ณัฐยา เหล่าฤทธิ. (2552). สุนัขบำบัดและน้ำมันหอมระเหยในธุรกิจสปาไทย. *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน*. 5 (2), 160-166.
- อภิชัย ชัยดรณ. (2551). *เจาะลึกร่างกายมนุษย์*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชั่น,
- Andreassi, J.L. (2000). *Psychophysiology : Human behavior and physiological response*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associated.
- Brauchli, P., Etzweiler, P.B. & Zeier, H. (1995). Electrocortical and autonomic alteration by administration of a pleasant and an unpleasant odor. *Chem.Senses*. 20, 505-515.
- Edmund, T.R. (2001). The rules of formation of the olfactory representations found in the orbitofrontal cortex olfactory areas in primates. *Chem Senses*. 26, 595-604.
- Hongratanaworakit, T., Heubeger, E. & Buchbauer, G. (2003). Human behavioral and physiological reactions to inhalation of sweet orange oil, World congress on medical and aromatic plants for human welfare (WOCMAP III), 3-7 February, Chiangmai, Thailand.
- Hongratanaworakit, T. (2004). Physiological effects in aromatherapy. *Songklanakarin J.Sci.Technol*. 26(1): 117-125.
- Kijjoa, A. (2008). Workshop on biosynthesis of natural products, May 19-23, 2008. Department of plant pathology. Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- Kim, Y. K. & Watanuki, S. (2003). Characteristics of electroencephalographic responses induced by a pleasant and unpleasant odor. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 22 (6), 285-291.
- King, M. B. & Bott, T. R. (1993). *Extraction of natural products using near-critical solvents*. London: Chapman and Hall.
- Knott, V.J. (2000). Quantitative EEG method and measures in human psychopharmacological research. *Hum. Psychopharmacol. Clin. Exp*. 15, 479-498.
- Kikuchi, A., Tanida, M., Veboyama, S., Abe, T. & Yamaguchi, H. (1991). Effect of odors in cardiac response patterns in reaction time task. *Chem.Senses*. 16, 183.

- Lee, J.M. & Watanuki, S. (2007). Cardiovascular Responses of Type A and Type B Behavior Patterns to Visual Stimulation During Rest, Stress and Recovery. *Journal of Physiological Anthropology*. 26(1), 1-8.
- Lorig, T. S. & Schwartz, G. E.(1988). Brain and odor. Alteration of human EEG by odor administration. *Psychobiology*, 16, 281-289.
- Lijima, M., Osawa, M., Nishitani, N. & Iwata, M. (2009). Effects of Incense on Brain Function: Evaluation Using Electroencephalograms and Event-Related Potentials. *Neuropsychobiology*. 59, 80-86.
- Maria, L. B. (2006). *Aromatherapy Science*. England: London: The Pharmaceutical Press.
- Martin, G.N. (1998). Human electroencephalographic response to olfactory stimulation : Two experiments using the aroma of food. *International Journal of Psychophysiology*. 30, 287-302.
- Masago, R., Matsuda,T., Kikuchi,Y., Miyazaki,Y., Iwanaga, K., Harada, H. & Katsuura, T., (2000). Effects of Inhalation of Essential Oils on EEG Activity and Sensory Evaluation. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 19 (1), 35 -42.
- Nagai, K., Nakamura, M., Fujii, W., Inui, T. & Asakura, Y. (1991). Effects of odors on humans II : Reducing effects of metal stress and fatigue. *Chem. Senses*. 16, 198.
- National Identity Board. (1991). *Medicinal plant of Thailand : past and present*. Bangkok: Amarin printing group.
- Sanei, S. & Chambers, J.A. (2007). *EEG signal processing*. NJ: John Wiley and Sons.
- Satoh, T. & Sugawara , Y. (2003). Effects on Humans Elicited by Inhaling the Fragrance of Essential Oils : Sensory Test, Multi-Channel Thermometric Study and Forehead Surface Potential Wave Measurement on Basil and Peppermint. *Analytical Sciences*. 19, 139 -146.
- Schwartz, G.E. (1988). *Psychology*, 15 :281; cited according reference of Manley, C.H. 1993. Psychological effect of odor. *Crit. Rev. Food Sci.Nutr*. 33 (1), 57-62.
- Sugano, H. (1989). Effect of odors on mental function. *Chem. Senses*. 14, 303.
- Tisserand , R. (1977). *The Art of Aromatherapy*. C.W. Daniel. Essex.
- Watanuki, S. & Kim, Y. K. (2005). Physiological Responses Induced by Pleasant Stimuli. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 24 (1), 135-138.
- Yamaguchi, H. (1990). Effects of odor on heart rate. In : *The Psychophysiological effects of odor, Aromachology*, Koryo. 168.