

บทที่ 8

ลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัสของอาหาร และวิธีการรับรู้ของมนุษย์

มนุษย์รู้จักใช้ประสาทสัมผัสบอกตนเอง และบอกผู้อื่นในการตัดสินใจว่าอาหาร หรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ มี สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความพอใจในระดับต่างๆ ได้ ตั้งแต่แรกเกิดมนุษย์ก็ค่อยๆ พัฒนาการเรียนรู้ และการรับรู้ผ่านระบบประสาทสัมผัสของมนุษย์เอง จนเกิดความแม่นยำเสมอเหมือนมนุษย์ที่มีประสาทสัมผัสเป็นอุปกรณ์ทดสอบอาหาร จนกระทั่งเกิดเป็นหลักการของศาสตร์สำคัญที่สามารถใช้งานร่วมกับกิจกรรมต่างๆ ทุกระดับของภาคการวิจัย และภาคการผลิต และวงการอุตสาหกรรมอาหารต้องยอมรับว่า ผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ผ่านการทดสอบด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์เสมือนเป็นสินค้าที่ไม่มีใครรู้จัก หรือสินค้าตาบอด (blind product)

1. พัฒนาการของการวิเคราะห์ด้วยประสาทสัมผัส (Development of sensory analysis)

ตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งตายมนุษย์มีความรู้สึกโดยผ่านประสาททั้ง 5 ประสาท เรียกว่า ประสาทสัมผัสจากอวัยวะ (organoleptic senses) ได้แก่ ประสาทการเห็น (ตา) ประสาทการได้ยิน (หู) ประสาทการรู้รส (ลิ้น) ประสาทการรู้กลิ่น (จมูก) และประสาทการสัมผัส (มือ ลิ้น ผิวหนัง) ดังนั้น เทอมที่ใช้เรียกการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรียกว่า “sensory test” หรือ “subjective test” หรือ “organoleptic test” และมนุษย์จะค่อยๆ พัฒนาการรับรู้ไปเรื่อยๆ ความแม่นยำของมนุษย์เปลี่ยนได้ตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ วัย เพศ พันธุกรรม ปัจจัยทางสังคม และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ วัฒนธรรม ครอบครัวยุทธฐานะ การศึกษา ทักษะคิด รวมทั้งการฝึกฝนด้านการใช้ประสาทสัมผัสในการวิเคราะห์ลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงรวมเรียกลักษณะคุณภาพอาหารที่สามารถวัดได้ด้วยประสาทสัมผัสมนุษย์ว่า “ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส” ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (สี ความขุ่น ความใส) รสชาติ (รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม) กลิ่น (กลิ่นหอม กลิ่นสาบ กลิ่นส้ม กลิ่นคาว กลิ่นหืน) ลักษณะทางประสาทสัมผัส (ความละเอียด ความสาก) และความชอบ ความพอใจ จะเห็นได้ว่าความรู้สึกจากประสาทสัมผัสมนุษย์เป็นความรู้สึกของแต่ละคน ที่มาจากต่างสถานะ จนเป็นเหตุให้มีการถกเถียงว่า ถ้าใช้ประสาทสัมผัสประเมินลักษณะคุณภาพอาหารแล้วจะเป็นวิธีที่ “ไม่ใช่วิทยาศาสตร์” หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นลักษณะการตัดสินใจด้วยอารมณ์ ความรู้สึกมนุษย์ เข้าทำนองว่า “ลางเนื้อชอบลางยา” หรือขาดหลักการและเหตุผลที่จะสร้างความเชื่อมั่นได้ แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลด้านลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสก็ยังเป็นข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์หลายคนก็อดที่จะปฏิเสธไม่ได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีค่ายิ่ง เพราะเป็นข้อมูลกันกรองและถ่ายทอดตรงมาจากความรู้สึกของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ในที่สุดคณะกรรมการแห่งสถาบันนักเทคโนโลยีอาหาร ประเทศสหรัฐอเมริกา (The Institute of food Technologists, IFT) เสนอว่ากระบวนการใช้ศาสตร์ทางประสาทสัมผัส (sensory science) ควรได้รับการฝึกพัฒนาด้วยวิธีคิดแบบวิทยาศาสตร์ โดยวิธีการนำหลักการทางสถิติมาตัดตอนความคลาดเคลื่อนทั้งประเภทที่ 1 (Type I error) อันได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนจากผลการทดลอง (false positive results) และความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) อันได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนที่มาจากความสามารถ หรือความไวของประสาทสัมผัส

การรับรู้ของมนุษย์ ซึ่งถือเป็นอุปกรณ์ทดสอบ ดังนั้น องค์ประกอบของวิทยาศาสตร์ทางประสาทสัมผัสจะต้องพิจารณาองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ คือ

1.1 ลักษณะทางสภาวะกายภาพ หรือสรีระของประสาทสัมผัส (Physiological of senses)

หมายถึง อวัยวะมนุษย์ที่มีระบบประสาทการรับรู้ ได้แก่ ตา หู จมูก ปาก และผิวหนัง ส่วนประสิทธิภาพการรับรู้จะมีระดับใดก็ถือเป็นเหตุปัจจัยที่ต้องเข้าใจให้ลึกซึ้ง และสร้างมาตรฐานของระบบประสาทเหล่านี้ให้เกิดขึ้น โดยผ่านระบบการคัดเลือก และการฝึกหัดของผู้ทดสอบและ ให้ผู้ทดสอบที่มาจากผู้บริโภคมองผลิตภัณฑ์

1.2 ลักษณะทางสภาวะจิตใจ (Psychological of senses) หมายถึง อิทธิพลของสิ่งที่มีผลกระทบทางจิต เช่น อิทธิพลจาก เวลาและสิ่งแวดล้อมที่มีต่อความชอบ ความกระตือรือร้นทัศนคติ ซึ่งจะโยงไปสู่ความแม่นยำในการรับรู้ของอวัยวะของมนุษย์ จนไปสู่คำตัดสินของประสาทสัมผัสการควบคุมผลทางสภาวะจิต อาจจะซับซ้อนกว่าข้อมูลทางสภาวะกายภาพ การใช้ระบบการคัดเลือกและการฝึกหัดของผู้ทดสอบ อาจจะไม่สามารถทำได้ ดังนั้น จึงต้องตัดตอนข้อจำกัดนี้โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์แขนงอื่นประกอบ เช่น หลักสถิติตามรูปแบบการทดสอบ หรือการออกแบบการทดสอบหรือรูปแบบของแบบสอบถาม

1.3 การออกแบบการทดสอบตามหลักวิเคราะห์สถิติ (Experimental design) หมายถึง องค์ประกอบของการใช้หลักวิทยาศาสตร์ของการออกแบบการทดลอง การควบคุมตัวแปรรวมทั้งปัจจัยร่วมที่จะทำให้เกิดการแปรผล และแสดงบทสรุปนำไปสู่วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การใช้มนุษย์เป็นอุปกรณ์ทดสอบ (Panel instrument)

การใช้มนุษย์หรือใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์เป็นอุปกรณ์ทดสอบ หรือเสมือนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ทดสอบคุณภาพอาหาร นับว่าเป็นการใช้ทางสถิติของการวิเคราะห์คุณภาพอาหารโดยไม่ต้องพึ่งวัสดุอุปกรณ์เคมี ส่วนการยอมรับคำตัดสินหรือไม่เป็นเรื่องที่ต้องอยู่ภายในกรอบของหลักการออกแบบการทดสอบ และวิเคราะห์ผลสรุปทางสถิติให้ได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวได้รับการยอมรับว่าไม่แตกต่างไปจากวิธีการทดสอบด้วยอุปกรณ์วัตถุเรียกว่า objective test สำหรับเทอมที่เรียก “อุปกรณ์มนุษย์” ในการทดสอบคุณภาพอาหารหรือคุณภาพสิ่งใดๆเรียกอย่างใดอย่างหนึ่งว่า “panel”, “subject”, “panelist”, “respondent”, “taster” และ “assessor” ซึ่งสามารถใช้เรียก เขา (he), เธอ (she) และใช้คำ “ท่าน(S)he)” สำหรับเรียกหัวหน้า (panel leader)

ผู้ทดสอบ / อุปกรณ์มนุษย์ (taster) จัดเป็นอุปกรณ์พิเศษที่มีขีดจำกัด ดังนั้น

2.1 มนุษย์มีความแปรปรวนตลอดเวลาอย่างเห็นได้ชัดตามธรรมชาติ

2.2 มนุษย์มีความแตกต่างระหว่างมนุษย์ด้วยกันมาก

2.3 มนุษย์มีความเอนเอียงไปสู่ความมีอคติ ลำเอียง

ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์มนุษย์ หรือผู้ทดสอบทั้ง 3 ประการข้างต้น จัดเป็น “ขีดจำกัด” ของการนำไปใช้ในการทดสอบคุณภาพอาหาร ดังนั้น ต้องตระหนักไว้ให้ดี และตัดตอนออกไปให้ได้มีข้อเสนอแนะเพื่อลดขีดจำกัดในข้อ 2.1 คือ การทดลองหลายซ้ำ ส่วนข้อ 2.2 ให้ใช้วิธีการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบให้มาก 2.3 ให้ใช้วิธีฝึกหัด และหากจะทำให้ได้ผลสมบูรณ์ควรลองใช้ทั้ง 3 วิธี รวมทั้งเพิ่มการคัดเลือกผู้ทดสอบ ภายใต้กรอบ

กำหนด เช่น ใช้ผู้ทดสอบที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ซึ่งหมายถึงกลุ่มที่มีความต้องการผลิตภัณฑ์พื้นฐาน (purchasing behavior) และกลุ่มที่มีพฤติกรรมการบริโภค (consumption behavior) เป็นต้น และที่จะต้องพิจารณาร่วมด้วยคือการใช้ศาสตร์ด้านการออกแบบการทดสอบและหลักการวิเคราะห์ทางสถิติ

3.วิธีประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางประสาทสัมผัส (Application of sensory science)

ในการประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางประสาทสัมผัสเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพอาหาร จะพบว่าประสาทสัมผัสทั้งหมดของมนุษย์จะไม่รู้สึกต่อต้าน เพราะมนุษย์คุ้นเคยกับการใช้ประสาทสัมผัสดังกล่าวกับการบริโภคอาหารมาตลอดเวลา เพื่อการมีชีวิตในประจำวันจึงนับได้ว่าเป็นการประยุกต์ใช้ศาสตร์ด้านนี้โดยไม่ต้องทำความเข้าใจกันมากนัก เพียงแต่ทำความเข้าใจกันเพื่อเป้าหมายเดียวกัน คือ “ลดขีดจำกัด” “ละลายขีดจำกัด” ของสมบัติที่มนุษย์มีอยู่เท่านั้นส่วนที่เหลือคือ หลักการการออกแบบทดสอบ และหลักวิเคราะห์ทางสถิติ

3.1 ยุทธวิธีของการใช้ประสาทสัมผัสเพื่อวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

การนำความรู้ด้านประสาทสัมผัสของมนุษย์ไปเป็นอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพอาหารให้ได้ผลและขยายผลเพื่อใช้อย่างยิ่งได้ในกิจกรรมขององค์กรนั้น ต้องคิดว่าเป็นโครงการวิจัยเหมือน เช่นโครงการทั่วไป และอาจจะมีรายละเอียดแตกต่างกันก็คือ ยุทธวิธีในการลดขีดจำกัด เท่านั้น ซึ่งโดยสังเขปอาจกล่าวได้ดังนี้

3.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการ หมายถึง **การกำหนดขอบเขตของงาน** เช่น งานการควบคุมคุณภาพอาหารในสายงานการผลิต งานการผลิตตามอายุผลิตภัณฑ์หรืองานการเฝ้าระวังทิศทางตลาดของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น จะเห็นว่า เป็นวัตถุประสงค์ของโครงการโดยไม่เฉพาะเจาะจงไปที่เทคนิคหรือรายละเอียดของวิธีการทดสอบใดทดสอบหนึ่ง

3.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์หรือวิธีทดสอบเฉพาะ หมายถึง **การกำหนดเป้าหมายของวิธีทดสอบ** เช่น กรณีงานควบคุมคุณภาพอาจต้องเลือกวิธีการทดสอบความแตกต่างรวมของผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่นของการผลิตซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการติดตามความสม่ำเสมอในด้านคุณภาพรวมที่ต้องการจะควบคุม ดังนั้นถ้าหากรู้วัตถุประสงค์อย่างนี้แล้ว การจัดการในด้านการเลือกเทคนิคการใช้ประสาทสัมผัสในการทดสอบก็จะมีขอบเขตชัดเจนและปฏิบัติได้ตรงตามต้องการมากขึ้น กล่าวคือ เลือกวิธีทดสอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของทั้งโครงการและของวิธีทดสอบนั้นด้วย

3.1.3 กระบวนการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส หลังจากกำหนดขอบเขตของการทดสอบได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของข้อ 3.1.1 และ 3.1.2 แล้วให้พิจารณารายละเอียดของกระบวนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคการเตรียมตัวอย่าง แบบทดสอบและวิธีทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเตรียมตัวอย่างหรือการคัดกรองตัวอย่าง

ตัวอย่างอาหารที่เตรียม เพื่อการทดสอบในวิธีต่างๆ ต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวิธีนั้นๆ เช่น ในวิธีทดสอบความแตกต่างรวมของน้ำผลไม้ ชา กาแฟ และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ให้พิจารณาตาม **ลักษณะธรรมชาติของการบริโภคผลิตภัณฑ์** เช่น อุณหภูมิ ภาชนะ ปริมาณตัวอย่าง รวมทั้งการหลักเลียงสิ่งที่อาจเกิดความรู้สึกทางการกระตุ้น และบันทึกการรับรู้ เช่น ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของรสผงบูรสรุ ควร

เลือกเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมกับผงชูรส โดยทั่วไปแล้วควรเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ และเน้นอาหารความมากกว่าของหวาน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้มีผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสได้สังเกตเห็นถึงอิทธิพลจากส่วนประกอบของอาหารที่เสิร์ฟร่วมที่จะมีผลต่อการทดสอบ จึงได้พยายามลดปัญหาซึ่งก็ทำได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่นในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันพืชด้านรสชาติ กลิ่น ก็ให้มีการทดสอบโดยตรง โดยไม่นำไปผสมเป็นส่วนผสมของอาหาร (no serving matrix) เพราะเกรงว่ากลิ่นรสของส่วนผสมอื่นจะเข้ามาร่วมวิธีดังกล่าวน่าจะเหมาะสมกับผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกหัด และผ่านการฝึกอบรมจนเป็นผู้ที่มีความชำนาญ

2. การเตรียมแบบทดสอบ หรือแบบสอบถาม

แบบทดสอบสำหรับงานกราฟประเมินคุณภาพด้วยประสาทสัมผัส จัดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่จะสื่อระหว่างผู้ทดสอบกับอาหารที่ทดสอบ ดังนั้น สิ่งที่สำคัญคือ ภาษาที่ใช้ในแบบสอบถามและคำถามที่ต้องการคำตอบ ต้องพิจารณาแล้วว่าต้องเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ดังนั้น การเตรียมแบบทดสอบจัดเป็นขั้นตอนสำคัญของกระบวนการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส

3. การเลือกวิธีทดสอบ หรือประเภทของการทดสอบ

โดยทั่วไปวิธีทดสอบแบ่งเป็น 2 ประเภท

ก. การทดสอบเชิงวิเคราะห์ (analytical test) ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ได้แก่ การทดสอบความแตกต่าง และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ได้แก่ การทดสอบเชิงพรรณนาลักษณะเฉพาะวิธีการดังกล่าวให้ใช้ผู้ทดสอบที่มีความสามารถพิเศษ ซึ่งได้รับการฝึกหัดเพียงพอที่จะให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้มีความแม่นยำ

ข. การทดสอบความพอใจและการยอมรับ (affective test) การทดสอบแบบนี้มีลักษณะพิเศษกว่าแบบ ก คือ ต้องใช้ผู้ทดสอบจำนวนมาก และไม่ต้องผ่านขั้นตอนการฝึกหัด เพียงแต่คัดเลือกหรือสุ่มจากผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย เพราะผู้ทดสอบก็คือ ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผลเชิงสถิติ การวิเคราะห์ข้อมูลให้พิจารณาจากข้อมูลที่รวบรวมจากการทดสอบ หรือการปฏิบัติในแต่ละวิธีของการทดสอบ โดยพิจารณาควบคู่กับวัตถุประสงค์ขอวิธีทดสอบในข้อ 3.1.2 จากนั้นพิจารณากับข้อมูลแวดล้อมอื่นๆ เช่น ข้อมูลทางสังคมคุณภาพทางความปลอดภัย คุณภาพทางโภชนาการ นำมาประกอบกัน และพิจารณาควบคู่กับวัตถุประสงค์ของโครงการในข้อ 3.1.1 เพื่อจะได้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ช่วยให้สรุปภาพรวมของการประยุกต์ใช้เทคนิคการทดสอบด้วยประสาทสัมผัสที่เป็นระบบเครือข่ายได้ชัดเจนขึ้น เพื่อจะได้ข้อมูลที่ใช้อ้างอิงได้

3.2 กิจกรรมที่มีการใช้หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์อาหาร สามารถทำได้หลายวิธี และหลายเทคนิคในแต่ละเทคนิควิธีให้ ความแม่นยำ และบ่งชี้คุณภาพอาหารตามวัตถุประสงค์ และความต้องการเฉพาะกรณีไป การวิเคราะห์อาหารโดยวิธีทางประสาทสัมผัสจะบ่งชี้ได้เฉพาะคุณลักษณะอาหารทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สีจากตาเห็น กลิ่นที่จมูกรู้สึกได้ รสจากการเคี้ยวและกลืนอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัส ความกรอบ ได้จากการได้ยินเสียง ความนุ่มเหนียว ได้จากการสัมผัส การออกแรงตึง รวมทั้งการรู้สึกพอใจ อันเป็นคุณภาพอาหารที่ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่นได้โดยตรงนอกจากอาศัยความรู้สึกมนุษย์ นับได้ว่าเป็นสิ่งที่พิเศษออกไปด้วยเหตุปัจจัยเหล่านี้กิจกรรมที่มีการวิเคราะห์คุณภาพอาหารด้วยประสาทสัมผัสจึงค่อนข้างแพร่หลายไปทั่วทุกวงการ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 8.1 กิจกรรมในบริษัทที่มีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพอาหารด้วยประสาทสัมผัส

งานพัฒนาผลิตภัณฑ์ (product development)
งานสร้างสูตรใหม่ / ลดต้นทุน (product reformation / cost reduction)
งานการเฝ้าระวังคู่แข่ง (monitoring competition)
งานประกันคุณภาพ (quality assurance)
งานควบคุมคุณภาพ (quality control)
งานวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (product sensory specification)
งานวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัสของวัตถุดิบ (raw material specification)
งานวิเคราะห์เสถียรภาพการเก็บ (storage stability)
งานความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับกระบวนการ / องค์ประกอบ / ค่าการวิเคราะห์ (process / ingredient / analytical sensory relationships)

* กรณีนี้เป็นการเสริมคุณภาพอาหารที่มีอิทธิพลของสื่อโฆษณาร่วมอยู่ด้วย จึงเรียกคุณภาพแบบนี้ว่าคุณภาพโฆษณา (advertising quality)

การรับรู้ความรู้สึกโดยประสาทสัมผัส

1. สิ่งเร้า (Stimuli)

- ❖ สิ่งกระตุ้นทางเคมีหรือกายภาพซึ่งก่อให้เกิดการตอบสนองที่สิ่งรับ
- ❖ เช่น ตา (เป็นสิ่งรับ) สำหรับ แสง (เป็นสิ่งเร้า)
- ❖ หู (เป็นสิ่งรับ) สำหรับ เสียง (เป็นสิ่งเร้า)
- ❖ สิ่งรับจะรับเฉพาะสิ่งเร้าอย่างเดียวนั้น กระแสประสาทจะเดินทางจากสิ่งรับไปสู่สมอง ซึ่งเป็นส่วนที่จะแปลผลออกมาเป็นความรู้สึก
- ❖ สิ่งเร้า จะอยู่ในรูปของกลศาสตร์ ความร้อน แสง เสียง เคมี และไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยวิธีทางกายภาพและเคมี

การรับรู้ความรู้สึกโดยประสาทสัมผัส

2. สิ่งรับ (Receptor)

- ❖ สิ่งที่สามารถรับสิ่งเร้าและเกิดกระแสประสาทไปสู่สมอง สิ่งรับจะมีปลายประสาทอยู่ที่อวัยวะรับความรู้สึก

3. สิ่งแปลผล (Interpreter)

- ❖ ส่วนต่างๆ ของสมอง ซึ่งเป็นจุดที่เส้นประสาทนำกระแสประสาทมาสิ้นสุด ซึ่งสมองแต่ละส่วนจะแปลผลออกมาในรูปความรู้สึก ซึ่งวัดได้โดยวิธีทางจิตวิทยา ความรู้สึกเหล่านี้ได้แก่ การเห็น การได้ยินเสียง ความรู้สึกเจ็บปวด ร้อน หนาว การรู้สึกกลืน การรับรู้รส

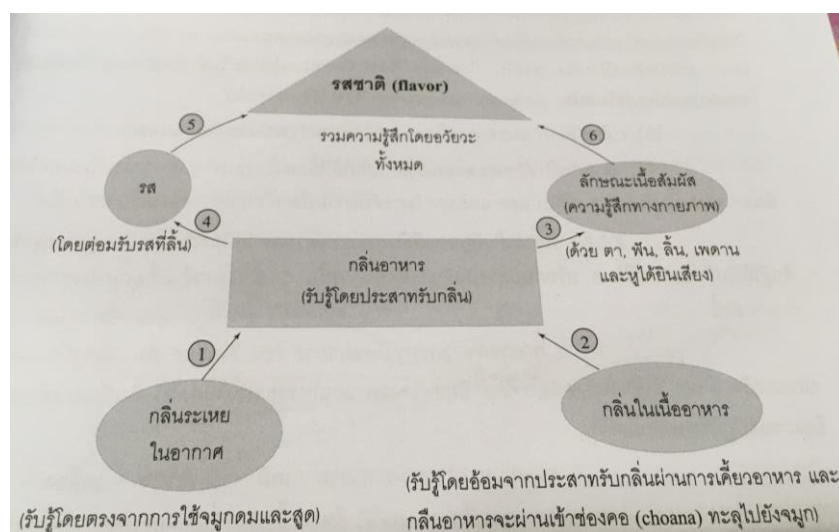
4. ประเภทของคุณภาพอาหารตามพื้นฐานของวิธีวิเคราะห์ก็จะได้ดังตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ประเภทคุณภาพอาหาร และวิธีวิเคราะห์

ประเภท	วิธีวิเคราะห์ประเมิน / ประเมิน	ลักษณะคุณภาพ
1. คุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัส	วิธีวิเคราะห์ด้วยประสาทสัมผัส	ลักษณะปรากฏ (สี ขนาดรูปร่าง) กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความชื้น ความแข็ง) ความเหมือน / ต่าง ความพอใจ / ความชอบ
2. คุณภาพอาหารทางโภชนาการ	วิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางเคมี	ค่าแคลอรี ค่าพลังงาน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และน้ำ
3. คุณภาพอาหารทางเคมี	วิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางเคมี	ค่า pH องค์ประกอบทางเคมี (ได้แก่ แป้ง ความชื้น เป็นต้น) สารเคมีตกค้าง (ได้แก่ ตะกั่วปรอท เป็นต้น)
4. คุณภาพอาหารทางกายภาพ / ฟิสิกส์	วิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางฟิสิกส์	น้ำหนัก ปริมาตร ความหนาแน่น, ความชื้นหนืด ความแข็ง ขนาดอนุภาค ความแน่นเนื้อ การตกตะกอน
5. คุณภาพอาหารทางจุลินทรีย์ / ความปลอดภัย	วิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางชีวภาพ หรือจุลชีววิทยา	ชนิด / ปริมาณ จุลินทรีย์ (ได้แก่ รา ยีสต์ แบคทีเรีย เป็นต้น) สารพิษจากจุลินทรีย์ (อะฟลาทอกซิน) สารเคมีจากปฏิกิริยาเอนไซม์ (สีน้ำตาล อนุมูลอิสระ เป็นต้น)
6. คุณภาพอาหารทางอื่นๆ เช่น ราคา ความรู้สึกประทับใจ	วิธีวิเคราะห์อื่นๆ ตามลักษณะคุณภาพที่บ่งชี้ เช่น ใช้ข้อมูลทางการตลาด ร่วมกับการใช้ข้อมูลทางประสาทสัมผัส	ราคา ความประทับใจ สื่อโฆษณา ความภักดีในตรา การบริการ ความพอใจส่วนบุคคล การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ความเก่าของบริษัท ความมีชื่อเสียง

จะเห็นได้ว่า คุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัสเป็นลักษณะคุณภาพที่อยู่ใกล้ผู้บริโภคมากที่สุด จึงน่าที่จะทำได้โดยไม่ต้องใช้เงินทุน แต่ถ้าจะพิจารณาให้ลึกซึ้งจะเห็นได้ชัดว่าค่อนข้างจะเป็นลักษณะคุณภาพอาหารที่มีความหลากหลาย เพราะเป็นข้อมูลที่มาจากความรู้สึก หรือมาจากผลการรับรู้ของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา (วัย) และเปลี่ยนแปลงตามผลทางพันธุกรรมด้วย แต่อย่างไรก็ตามมีสิ่งที่ไม่เปลี่ยนคือ องค์ประกอบทางสรีระ (physiological attributes) กล่าวคือ ลักษณะประสาทสัมผัสทั้ง 5 อย่าง ได้แก่ ตา หู จมูก ปาก และผิวหนัง ซึ่งมนุษย์ทุกคนมีครบ แต่อาจมีความแตกต่างด้วยระดับความไวของแต่ละคน องค์ประกอบทางสรีระจะทำงานเชื่อมโยงกัน จนเป็นคำตัดสินทางประสาทสัมผัส (sensory verdicts) ดังตัวอย่างของการรับรู้รสชาติอาหาร ซึ่งแสดงในรูปที่ 8.1 ดังนี้

ความรู้สึกของมนุษย์ในการรับรู้รสชาติอาหาร มีองค์ประกอบของประสาทร่วมกัน อธิบายได้ดังนี้ คือ เริ่มจากการรับกลิ่นจากการดมและสูด (1) ซึ่งเป็นกลิ่นที่รู้สึกได้จากกลิ่นที่ระเหยออกมา จัดเป็นการรับกลิ่นโดยตรง ส่วนการรับกลิ่นอีกทางหนึ่งหรือทางอ้อม (2) คือ การรับรู้กลิ่นในระหว่างการเคี้ยวอาหาร กลิ่นอาหาร และกลิ่นในเนื้ออาหารจะเข้าสู่จมูกทางช่องคอ ขึ้นต่อมาหรืออาจจะคู่กันก็คือ การรับรู้ทางกายภาพ (3) (6) เช่น สี ขนาด รูปร่าง ความละเอียด ความกรอบ ซึ่งจะรับรู้โดยใช้ ตา ช่องปาก ฟัน หู ลักษณะเนื้อสัมผัสที่รับรู้นี้มีผลต่อสภาวะจิตให้รายงานความรู้สึกต่อรสชาติได้ ถือเป็นผลทางจิตวิทยา ส่วนความรู้สึกด้านรส (4) (5) มนุษย์ใช้ประสาทรับรู้รสที่ลิ้นและเพดาน เรียกว่า ต่อมรับรส (taste bud) โดยทั่วไปมี 4 ประเภท ต่อมรับรสพื้นฐานกระจายเรียงลำดับจากด้านนอกไปถึงโคนลิ้น คือ ต่อมรับรสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และรสขม ปัจจุบันมีรายงานยืนยันว่า มนุษย์มีต่อมรับรสจากกรดอะมิโน หรือรสจากผงชูรส เรียกต่อมรับรสอูมามิ (umami taste bud) ถ้านับรวมกับก็มีต่อมรับรสพื้นฐาน 5 ประเภท ทั้งหมด (1), (2), (3), (4), (5), (6) รวมเป็น “รสชาติ” ที่มนุษย์สามารถอินดิเกรดการรับรู้ออกมาตามรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 ผังการรับรู้รสชาติโดยเครือข่ายของประสาทสัมผัส

5. ลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัสของอาหาร (Sensory characteristics of food)

นิยาม ลักษณะคุณภาพอาหารที่วิเคราะห์หรือประเมินด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์ ทั้งทางกายและจิต คือ ตา หู จมูก ปาก (ลิ้น เพดาน ฟัน) ผิวหนัง (มือ ลิ้น) รวมทั้งความรู้สึทางจิตด้านอารมณ์พึงพอใจ / ทศนคติ / ความเห็น ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (สี ความเป็นเงามัน) กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบ ความรู้สึกอยากบริโภคอีก ความประทับใจ (จิต) ดังรายละเอียดของลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัสของอาหาร ดังนี้

5.1 ลักษณะปรากฏ (Appearance) หมายถึง ลักษณะทางกายภาพของอาหารที่ปรากฏให้เห็นด้วยตา และอาจรับรู้โดยอาศัยประสาทสัมผัสอื่นร่วมได้ เช่น โดยอาศัยการสัมผัส ตัวอย่างลักษณะปรากฏได้แก่ สี ขนาด รูปร่าง ความละเอียด ความหยาบ ความมัน ความเป็นเงา ความขุ่น ความใส ความข้นหนืด การมีตะกอน การแยกชั้น เป็นต้น โดยส่วนใหญ่แล้วลักษณะปรากฏมักจะจำกัดในวงแคบจำเพาะต่อการรับรู้ด้วยตา จะหมายถึง สี ขนาด รูปร่างทางเรขาคณิต รวมทั้งลักษณะทางแสง (optical property) เช่น ความขุ่น ความใส ตะกอน การแยกชั้น แม้ว่าลักษณะปรากฏบางอย่างเช่นความละเอียด ความข้นหนืด ก็อาจรับรู้โดยการสัมผัสด้วยผิวหนัง การจับ บีบ นวด จึงขอจัดจำแนกไปรวมในหัวข้อลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) และความข้นหนืด (viscosity / consistency) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

5.1.1 สี (Color) และความเป็นเงา (Gloss) หรือความสุกใส (Sheen)

สี หมายถึง ลักษณะทางแสงซึ่งตาเห็นได้ที่ช่วงคลื่นระหว่าง 380-770 นาโนเมตร ได้แก่ สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ในระดับความเข้ม ความสว่าง ที่ตาสามารถรับรู้ได้

5.1.1.1 ความสำคัญของสีกับคุณภาพอาหาร สีเป็นลักษณะปรากฏทางแสงที่ตารับรู้ได้ทันทีก่อนจะบริโภค หรือก่อนการตัดสินใจซื้ออาหารนั้นๆ เนื่องจากสีบ่งชี้คุณภาพอาหารด้านต่างๆ ดังนี้

1. คุณภาพอาหารทางโภชนาการ เช่น สีเหลือง ส้ม แสดถึงรงค์วัตถุประเภทวิตามินเอ สีเขียวของคลอโรฟิลล์ สีม่วงแดงของแอนโทไซยานินในผลไม้ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2. คุณภาพอาหารทางกายภาพ / เคมี เช่น สีเขียว – เหลือง – น้ำตาล แสดงความอ่อนแก่ – แก่ – สุกอม – เน่าเสีย ของผลไม้ สีของเนื้อสัตว์ที่แสดงการสุก หรือการที่โปรตีนเปลี่ยนสภาพ สีน้ำตาลของผลไม้แสดงรอยช้ำ ดำหนิภายใน สีน้ำตาลเข้มของน้ำมัน แสดงความเก่าอันอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3. คุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัส เช่น สีบ่งชี้รสชาติอาหาร หรือองค์ประกอบของอาหารที่ให้รสชาตินั้น สีส้บบอกว่ามีรสส้บ สีแดงบ่งบอกรสสตรอเบอร์รี่ กระเจี๊ยบ ส่วนสีเหลือง บ่งบอกรสกล้วยหอม

4. คุณภาพอาหารทางความปลอดภัย หรือจุลินทรีย์ เช่น สีระบุระดับการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของขนมปัง สีคล้ำของเนื้อสบอกความไม่ปลอดภัย สีแดงสดของแฮมบอกการเติมสารเร่งสี หรือสารรักษาสี

5. คุณภาพทางความพอใจ เช่น เด็กและวัยรุ่นพึงพอใจในสีสด กลุ่มผู้บริโภคที่สนใจสีธรรมชาติมักพอใจกับผลิตภัณฑ์สีอ่อนๆ

6. คุณภาพทางราคา เช่น ความสม่ำเสมอของสี ความกลมกลืนของสี จะช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีมูลค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสี และศิลปะการใช้สีในภาชนะบรรจุ

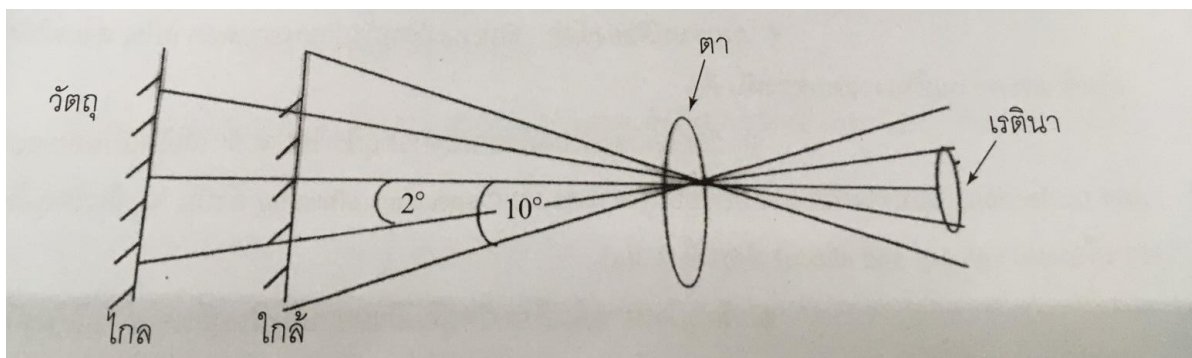
จากบทบาทและอิทธิพลของสีต่อคุณภาพอาหารทั้ง 6 ประเภท จึงต้องทำความเข้าใจศาสตร์ของสี และเตรียมผู้ทดสอบให้เข้าใจเกี่ยวกับการวัดสีให้ถูกวิธี เพราะค่าสีที่วัดออกมาได้นั้นมีความสำคัญยิ่ง

5.1.1.2 องค์ประกอบของการเห็นสี มี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. มุมมองของตา (observation angle) นักวิทยาศาสตร์ได้ในทฤษฎีการเห็นสีของตาไว้เป็น 2 ทฤษฎี ดังรูปที่ 4.2

ก. ทฤษฎี ค.ศ. 1931 CIE – 2° (up to 4°) ได้แก่ การมองไกลในระยะที่วัตถุทำมุมกับเรตินา 2 องศา แต่ไม่เกิน 4 องศา

ข. ทฤษฎี ค.ศ. 1964 CIE – 10° (over 4°) ได้แก่ การมองใกล้ในระยะที่วัตถุทำมุมกับเรตินา 10 องศา ซึ่งเกินกว่า 4 องศา



รูปที่ 8.2 สเกลจำลองการทำมุมระหว่างวัตถุและเรตินาของตาในระยะใกล้ (2°) และระยะไกล (10°)

โดยทั่วไปการมองโดยปกติจะอยู่ในระยะ 30 เซนติเมตร หรือเป็นระยะที่วัตถุจะทำมุมกับเรตินาประมาณ 2 องศา

2. แหล่งแสง เนื่องจากสี คือ แสงที่จะกระทบวัตถุแล้วสะท้อนบางส่วนสู่ตาดังนั้น หากแหล่งแสงแตกต่างกัน การเห็นสีจะแตกต่างกันไปด้วย จึงต้องกำหนดเป็นแหล่งแสงสากล (International Commission of Illumination, III) ประกอบด้วยแหล่งแสงมาตรฐาน ดังนี้

ก. Ill A (Illuminant A) หมายถึง แสงจากแหล่งสังเคราะห์ เรียก Incandescent lamp (artificial sources) มีอุณหภูมิ 2,854 K เป็นแสงสีแดง – เหลือง

ข. Ill B (Illeminant B) หมายถึง แสงจากแสงอาทิตย์เที่ยงวัน (noon sun light) ซึ่งมีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ผสมอยู่ด้วย มีอุณหภูมิ 5,000 K

ค. Ill C (Illeminant C) หมายถึง แสงท้องฟ้าเมฆครึ้ม หรือแสงเหนือ (cloudy day light or north light) อุณหภูมิ 6,800 K

ง. Ill D/D₆₅ หมายถึง แสงจากธาตุ D₆₅ เป็นแสงสีฟ้า ท้องฟ้าตอนบ่าย และคล้ายแสง Ill B แต่อุณหภูมิ 6,500 K นิยมใช้แทน Ill B เพราะไม่มีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV)

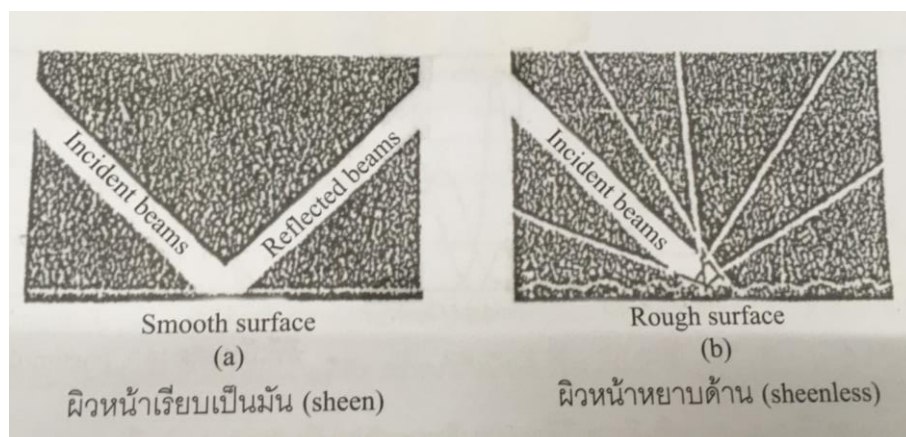
ในทางวิทยาศาสตร์จัดให้แหล่งแสงทำหน้าที่เป็นตัวกระจายคลื่นแสงเป็นสเปกตรัมตามช่วงคลื่นตั้งแต่ 380-770 นาโนเมตร (spectral distribution)

3. คุณสมบัติของตา ตามีประสาทรับความรู้สึกด้านการเห็น (vision) ซึ่งจะได้กล่าวละเอียดในหัวข้อของระบบการเห็นต่อไป โดยตาจะทำหน้าที่เป็นตัวตอบสนองรับต่อสเปกตรัม (spectral response) ของแสงที่ปล่อย / กระจายมาจากแหล่งแสงเปล่งกระทบวัตถุแล้วสะท้อนสู่ตา ประสาทรับความรู้สึกต่อการเห็นนี้เปลี่ยนไปได้ตามองค์ประกอบทางพันธุกรรม และความไวของเซลล์กรวย (cone cells) ที่ไวต่อสีแดง (red cones) สีเขียว (green cones) และสีน้ำเงิน (blue cones) รวมทั้งปัจจัยด้านอายุ เพศ เป็นต้น

4. คุณสมบัติของวัตถุ ลักษณะวัตถุทั้งภายนอกและภายใน ส่งผลให้การเห็นสี และความเป็นเงาแตกต่างกัน คือ

ก. วัตถุผิวเรียบมันคล้ายกระจกวัตถุผิวเรียบจะทำให้เกิดลักษณะสะท้อนแสง (reflection) แบบรวมทิศทางเดียวอย่างเจาะจง เรียก specular reflection ดังนั้น จะเห็นวัตถุมีความเงา เลื่อมมัน (glossy and sheen) ดังรูปที่ 4.3 (a)

ข. วัตถุผิวหยาบไม่เรียบวัตถุที่มีผิวหยาบไม่เรียบลื่นจะทำให้เกิดลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระเจิงกระจาย (diffuse reflection) ไม่มีทิศทางอย่างเจาะจง ดังนั้น ตาจะเห็นวัตถุด้านคล้ายมีสารเคลือบ หรือไม่เป็นเงา (sheenless) ดังรูปที่ 8.3 (b)



รูปที่ 8.3 การสะท้อนแสงของวัตถุผิวหน้าเรียบ และผิวหน้าหยาบ

ค. รังควัตถุที่เป็นส่วนประกอบในวัตถุ ชนิดและปริมาณองค์ประกอบในวัตถุที่เป็นรงควัตถุ (color pigment) เช่น คลอโรฟิลล์ สารแคโรทีน มีความสามารถในการดูดกลืนแสง และสะท้อนแสงได้ที่ช่วงคลื่นต่างกัน กล่าวคือ วัตถุมีคลอโรฟิลล์ สามารถดูดแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 500-540 นาโนเมตร ได้น้อย วัตถุจึงปล่อยแสงสะท้อนเข้าสู่ตาในช่วงคลื่นนี้ได้มาก ตาจึงเห็นจึงวัตถุมีสีเขียว ฉะนั้นวัตถุจึงหน้าที่เป็นตัวสะท้อนแสงเป็นสเปกตรัมตามช่วงคลื่นต่างๆ (spectral reflectance) โดยกำหนดให้เป็นค่าการสะท้อนแสงเป็น 3 เทอม (Tristimulus value) คือ

R_x = ค่าการสะท้อนแสงสีแดงที่ช่วงคลื่นต่างๆ (600-700 นาโนเมตร)

(red spectral reflectance)

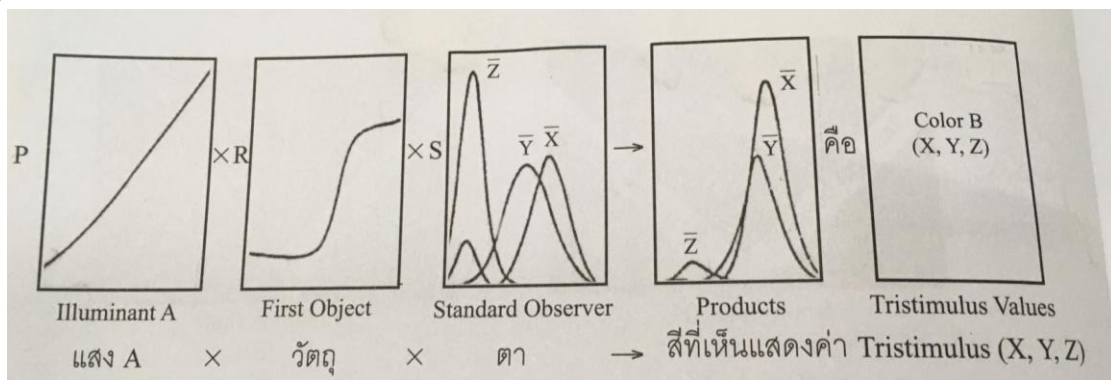
R_y = ค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่นต่างๆ (500-540 นาโนเมตร)

(green spectral reflectance)

R_z = ค่าการสะท้อนแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่นต่างๆ (400-500 นาโนเมตร)

(blue spectral reflectance)

ดังนั้น จากปัจจัยทั้ง 4 ประการ สามารถรายงานตัดสินใจการเห็นสีตามหลักวิทยาศาสตร์ได้
 ดังรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 การเห็นสีตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในเทอม 3 ค่า คือ x, y, z

$$(x = \text{สีแดง}, y = \text{สีเขียว}, z = \text{สีน้ำเงิน}); x = \frac{x}{X+Y+Z}; y = \frac{Y}{X+Y+Z}; z = 1 - x - y$$

จากหลักการเห็นสีทางวิทยาศาสตร์ได้นำไปสู่ระบบการวัดสีโดยใช้เครื่องมือที่ประกอบขึ้นตามแนวดังกล่าว คือ มุมมองของตา แหล่งแสง ตา และวัตถุ ได้เป็นระบบการวัดสี 3 ค่า เรียกว่า C.I.E. (Commission Internationale de L' Eclairage) System หรือ I.C.I. (The International Commission on Illumination) Color System และปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปสู่ระบบอื่นๆด้วย เช่น Hunter L.a.b., Munsell system วัดในค่า H (hue), V (value), C (chroma) เป็นต้น จากการศึกษาองค์ประกอบของการเห็นสีด้วยตา จึงนำไปสู่การกำหนดนิยามทางวิทยาศาสตร์ของการเห็นสี หรือค่าสี

คำนิยามสีทางวิทยาศาสตร์

คำนิยามของสีทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เทอมของแสง 3 เทอม คือ ค่าความสว่าง ค่าสี และค่าความเข้มของสี ซึ่งทั้ง 3 ค่าแสดงองค์ประกอบของสีวัตถุนั้นๆ กล่าวคือ

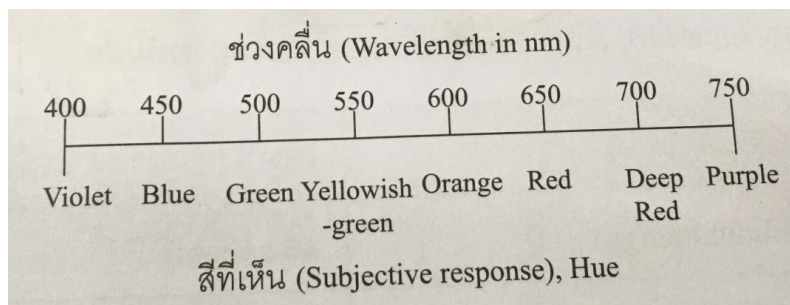
1. ค่าความสว่าง (Lightness / value) เป็นค่าแสดงสัดส่วนระหว่างค่าการสะท้อนสว่าง (spectral reflectance) และการดูดกลืนแสง (spectral absorption) ถ้าวัตถุใดมีค่าการสะท้อนแสงได้มากกว่าการดูดกลืนแสง วัตถุนั้นจะมีความสว่างมาก เรียกว่าวัตถุ (สี) ขาว ส่วนในทางกลับกันวัตถุใดมีค่าการดูดกลืนแสงได้มากกว่าค่าการสะท้อนแสง เรียกว่าวัตถุ (สี) ดำ ดังนั้น คำว่า (สี) ดำ และ (สี) ขาว ในความหมายทางวิทยาศาสตร์ คือ ค่าความสว่าง สว่างน้อย คือ สีดำ และสว่างมาก คือ สีขาว นั่นเอง

2. ค่าสี (Hue / Color / Dominant wavelength) เป็นค่าการปรากฏสีให้เห็นที่ช่วงคลื่นหลัก หรือช่วงคลื่นเด่น (dominant wavelength) เช่น

วัตถุสีน้ำเงิน (Z) มีค่า Dominant wavelength = 420 – 450 นาโนเมตร

วัตถุสีเขียว (Y) มีค่า Dominant wavelength = 500 – 540 นาโนเมตร

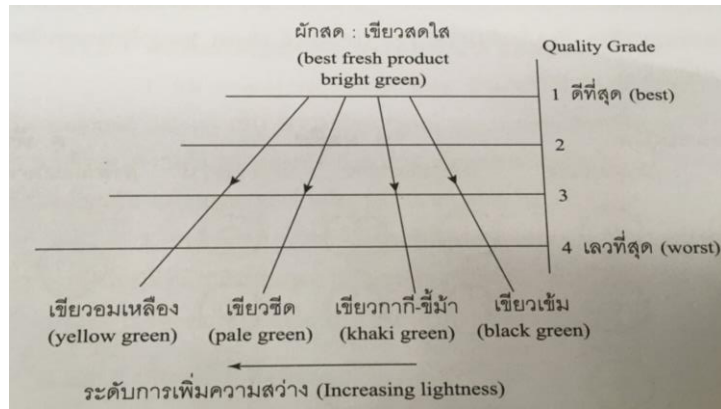
วัตถุสีแดง (X) มีค่า Dominant wavelength = 650 – 700 นาโนเมตร



การรายงานค่าสี (Hue) หรือแถบสีอาจรายงานได้ในเทอม X, Y, Z หรือรายงานในเทอมของช่วงคลื่นเป็นนาโนเมตร หรือ บอกเป็นสี เช่น สีม่วง สีแดง สีเขียว ตามระบบที่เลือกใช้

3. ค่าความเข้มความสี (chroma / Intensity / Strength / Purity / Saturation) เป็นค่าที่บอกความเข้ม ความบริสุทธิ์ ความอึดตัวของสี หรืออีกนัยหนึ่งคือ ปริมาณการสะท้อนแสงที่ช่วงคลื่นหนึ่งๆ

สำหรับการวิเคราะห์สีในทางประสาทสัมผัสโดยใช้ตา การรายงานความรู้สึกทางสี ให้ใช้วิธีพรรณนาลักษณะสีในเทอมสีแดง เขียว เหลือง และระดับความเข้ม แก่ อ่อน พร้อมกับคะแนนแสดงออกดังตัวอย่างในรูปที่ 8.5 การรายงานสีของผักสีเขียว



รูปที่ 8.5 คะแนนเกรดของผลิตภัณฑ์ผักสีเขียวที่ใช้ในอุตสาหกรรม

ดังนั้นถ้าจะเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเทอมที่ใช้วัดค่าสีในทางฟิสิกส์กับเทอมทางประสาทสัมผัส ก็ดูได้จากตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 เทอมเกี่ยวกับแสงและสีในทางฟิสิกส์ และทางประสาทสัมผัส

เทอมทางฟิสิกส์ (physical term)	เทอมทางประสาทสัมผัส (sensory term)
พลังงานการแผ่รังสี (radiant energy)	แสง (light)
การสะท้อนแสง (reflectance)	ความสว่าง (lightness/value)
ช่วงคลื่นเด่น (dominant wavelength)	สี (hue/color)
ความบริสุทธิ์ หรือความอิ่มตัวของสี (purity/saturation)	ความเข้ม (chroma/intensity/strength)
การสะท้อนแสงกระเจิงกระจาย (diffuse reflectance)	ความด้าน หรือมัว (glossless/sheenless/dull)
การสะท้อนแสงมีทิศทาง (directional reflectance)	ความมัน ความสุกใส (gloss/sheen)

5.1.2 ขนาด รูปร่าง และสิ่งบกพร่อง /ตำหนิ

คุณสมบัติด้านเรขาคณิต (geometric property) ได้แก่ ขนาด รูปร่าง และสิ่งบกพร่อง รวมไปถึง ความหนาแน่น น้ำหนัก ปริมาตร เป็นลักษณะปรากฏที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอาหารและคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ สามารถวิเคราะห์และตรวจวัดด้วยวิธีการใช้สายตา ตรวจพินิจ และนำมาเปรียบเทียบในผังมาตรฐาน (standard chart) ของรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามเกรดดังตัวอย่างในรูปที่ 8.6 (a)

5.1.2.2 ประเภทของสิ่งบ่งพ่องหรือตำหนิ

สิ่งบ่งพ่องหรือตำหนิ เกิดขึ้นได้จากหลายทาง ได้แก่

1. ตำหนิ และสิ่งบ่งพ่องทางพันธุกรรม มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง รูปร่าง หรือรูปร่างชัดเจน
2. ตำหนิ และสิ่งบ่งพ่องทางกล มีผลให้เกิดรอยขีดข่วน โดยที่ไม่เปลี่ยนแปลง หรือรูปร่างชัดเจน
3. ตำหนิ และสิ่งบ่งพ่องทางชีวภาพหรือจุลินทรีย์ มีผลให้เกิดตำหนิภายในอายุการเก็บสั้นลง หรือเกิดสารพิษตกค้าง
4. ตำหนิ และสิ่งบ่งพ่องจากการปนเปื้อนวัตถุเจือปนทางเคมี มีผลให้เกิดสารตกค้างทางเคมี ยามาแมลง

การวิเคราะห์ทำได้ทั้งการตรวจพินิจด้วยตา หรือวิธีอื่นตามลักษณะของตำหนิ และสิ่งบ่งพ่องนั้นๆ

5.2 กลิ่น (Odor / smell / aroma / fragrance)

กลิ่นอาหาร (odor / smell), กลิ่นสาร (เคมี) ที่เติมในอาหาร หรือมีในอาหาร หรือมีในพืชธรรมชาติ และมักจะเร้าอารมณ์ให้มีความรู้สึกไวตามกลิ่นนั้น เรียก อะโรมา (aroma) นิยมทำแบบกลิ่นบำบัด (aroma therapy) ส่วนกลิ่นหอมจากดอกไม้ เกสรดอกไม้ และผลไม้ที่สร้างกลิ่นหอมได้นาน นิยมนำมาใช้เป็นเครื่องสำอาง เพื่อดับกลิ่นอื่น เรียก เฟรกรันซ์ (fragrance) เช่น กลิ่นกุหลาบ หรือ เลียนแบบกลิ่นกุหลาบ กลิ่นอาหารหรือสารให้กลิ่นอาหารมี 3 ประเภท (Joint FAO / WHO Food Standards Programme)

5.2.1 กลิ่นธรรมชาติ (Natural odor / aroma / flavoring substances) หมายถึง สารให้กลิ่นที่อยู่ในเนื้ออาหาร หรืออยู่ในสารละลายอาหาร เช่น กลิ่นทุเรียน กลิ่นลิ้นจี่ ถ้าจะให้กลิ่นเหล่านี้ก็ต้องผสมเนื้อผลไม้ลงไปในการอาหาร

5.2.2 กลิ่นเหมือนธรรมชาติ หรือกลิ่นสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ (Nature-identical odor / flavoring substances) หมายถึง กลิ่น หรือสารให้กลิ่นที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กลิ่นกล้วยหอม กลิ่นปู กลิ่นกุ้ง กลิ่นปลา นอกจากนี้ยังอาจมีความหมายครอบคลุมไปถึง กลิ่นที่ทำให้เหมือนธรรมชาติโดยการผสมสารให้กลิ่น และจากการวิเคราะห์กลิ่นที่สกัดจากธรรมชาติ ก็พบว่ากลิ่นอาหารประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด ที่มีรูปร่างสามมิติแตกต่างกันไป ดังตัวอย่างในตารางที่ 8.3

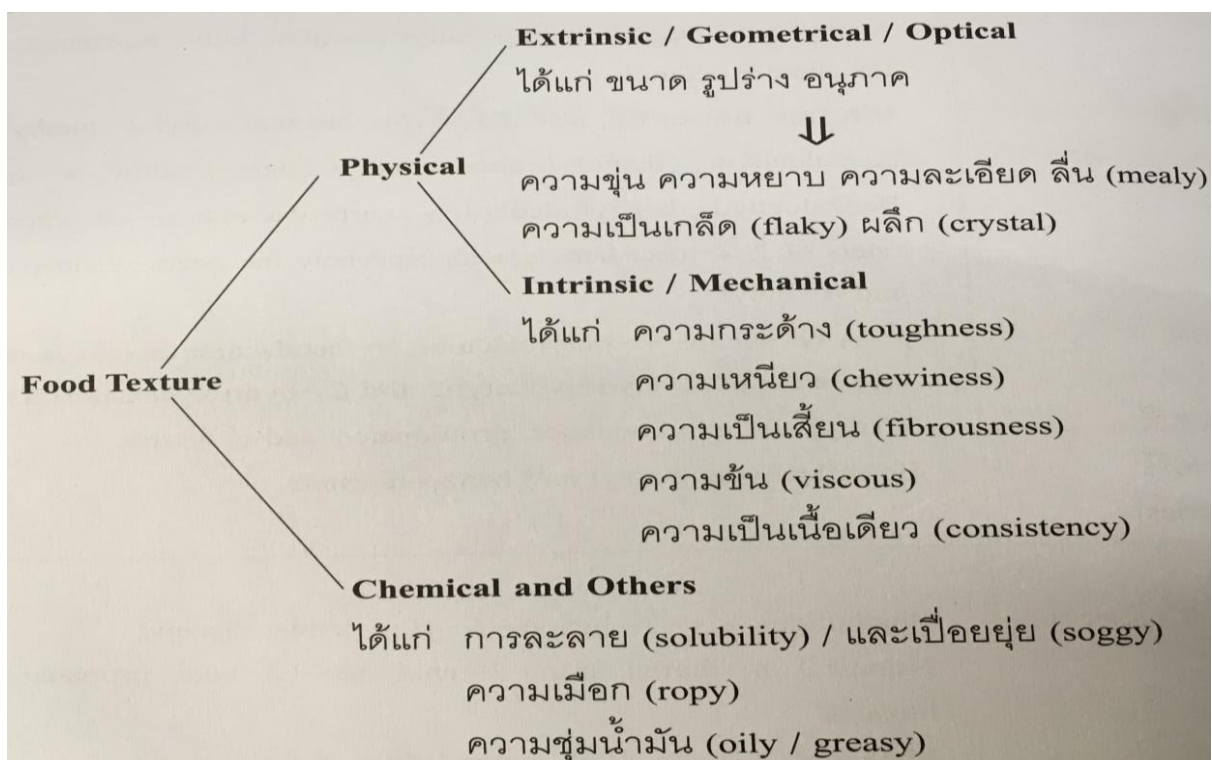
2.2.3 กลิ่นเทียม (Artificial odor / flavoring substances) หมายถึง กลิ่น หรือสารให้กลิ่นที่ทำเทียมขึ้นมา โดยวิธีสังเคราะห์ทางเคมี หรือชีวภาพ โดยที่ในธรรมชาติอาจไม่เคยพบสารให้กลิ่นเหล่านี้มาก่อน แต่อย่างไรก็ตาม ความหมายของกลิ่นเทียม หรือกลิ่นสังเคราะห์ อาจจะใกล้เคียงกับกลิ่นเหมือนธรรมชาติในข้อ 2.2.2 ได้ ถ้าหากใช้วิธีการทำกลิ่นเทียม จะให้ความหมายเน้นไปที่กลิ่นพวกที่ไม่นิยมใช้กับอาหาร เช่น หัวน้ำหอมสำหรับงานสุกษณ์ เครื่องปรับอากาศ และเครื่องสำอาง โดยจะให้ความสำคัญไปที่ความผ่อนคลายแบบกลิ่นบำบัด (aroma therapy) มากกว่าการบริโภคร่วมกับอาหาร

ตารางที่ 8.4 องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในผักผลไม้

ผัก, ผลไม้	องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในผักผลไม้
ผลไม้	
ทุเรียน	H ₂ S, ethyl hydrosulfide, dialkyl polysulfides, ethyl acetate, 1, 1-diethoxy ethyl-2-methyl butanoate (fruity odor)
กล้วยหอมสุก	ประกอบด้วยกลิ่นจากสารระเหยง่าย 200 ชนิด ซึ่งเป็นกลิ่นผลไม้ amyl acetate, n-hexyl acetate, 1-butanol, isomyl acetate, 2-butanol, isomyl alcohol, n-butyl acetate, isomyl butyrate, isobutyl acetate, ethyl acetate, 2-pentanone, 1-hexanol, 2-pentyl acetate, trans-2-hexenal, 2-pentyl butyrate, 1-hexyl acetate และ 1-propanol.
ขนุนสุก	ไม่มี terpenoids มีสารกลุ่มเอสเทอร์เป็นหลัก. 2-methyl-1-propanol, methyl isovalate, 2-methyl butyl isovalate butyl hexanoate, isomyl hexanoate, octanol
แอปเปิ้ล	เอสเทอร์, อัลกอฮอล์, อัลดีไฮด์, คีโตน, hexanal, ethyl 2-methyl butyrate
ส้ม	Acetaldehyde, ethanol, limonene, ethyl esters, linalool, ∞ -terpineol
พีช	Benzaldehyde, benzyl alcohol, γ -carprolactone, γ -decalactone
แพร์	Esters of 2, 4-decadienoic acid, especially the esters of ethyl, n-propyl and n-butyl
สับปะรด	p-Allyl phenol, γ -butyrolactone, γ -octalactone, acetoxycetone, methyl esters of β -hydroxybutyric and β -hydroxyhexanoic acids
สตอเบอรี่	Methyl and ethyl acetates, propionates, and butyrates
แครนเบอร์รี่ (cranberries)	Benzaldehyde, benzyl and benzoate esters
ผัก	
ผักคื่นฉ่าย (celery)	Phthalides, cis -3- hexen -1-yl pyruvate, diacetyl
แตงกวา	Nona-2, 6-dienal, non-2-enal, hex-2-enal, propanal, ethanol, hexanal
ถั่ว (beans)	Methanol, acetone, H ₂ S, methanethiol
ข้าวโพด	Methanol, acetone, H ₂ S, methanethiol
หัวผักกาด (parsnips)	Dimethyl sulfides, methanol, acetone, H ₂ S
ถั่ว (peas)	Methanol, acetone, dimethyl sulfide

5.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส และความข้นหนืด (Texture and Viscosity / Consistency)

ลักษณะเนื้อสัมผัส และความข้นหนืด เป็นคุณลักษณะเฉพาะของอาหารที่มนุษย์รับรู้ได้โดยอาศัยประสาทที่เกี่ยวกับการสัมผัส เช่น การจับ (touch) การกด (press / finger press) การลูบไล้ (tactile sensation) การยืด (extension) การเคี้ยว การนวด การบดด้วยขากรรไกร ฟัน เหงือก รวมทั้งการเห็นและการได้ยิน เป็นต้น จะเห็นว่าเป็นลักษณะเฉพาะของอาหารที่อาศัยอวัยวะในร่างกายมากที่สุด มีทั้ง “ตา” เห็นลักษณะการเรียงตัวของอนุภาค ความข้น รวมทั้ง “หู” ได้ยินเสียงจากการแตกแยกในระหว่างการเคี้ยว และ “อวัยวะที่ใช้สัมผัส” โดยตรงคือ ผิวหนัง และอวัยวะในช่องปากซึ่งรับรู้คุณลักษณะนี้ โดยใช้แรงในลักษณะสัมผัสนิ่ง (static senses) โดยการ จับ และสัมผัสเคลื่อนไหว (dynamic senses) โดยการกด บด เคี้ยว ลูบไล้ ดังนั้น เมื่อรวมรายละเอียดของลักษณะเนื้อสัมผัส และความหนืดที่มนุษย์รับรู้ได้ แสดงดังรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7 รายละเอียดของลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

5.3.1 ความหมายของลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ความข้นหนืด (viscosity) และความเป็นเนื้อเดียว (consistency)

ก. ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) Texture ในคำแปลภาษาลาติน หมายถึง ทอ (weave) ซึ่งหมายถึง ส่วนโครงสร้างของวัตถุ โดยเฉพาะของแข็งและกึ่งแข็ง ซึ่งมนุษย์รับรู้ได้จากระบบประสาทสัมผัส 2 แบบ คือ

1. การสัมผัสนิ่ง (Static sensation) ได้แก่ การจับ และรับรู้จากผิวหนัง (skin feel / tactile sensation) และถ้าหากมนุษย์รู้สึกคุ้นเคยมีความจำเชิงเปรียบเทียบ ก็อาจบอกความรู้สึก และการรับรู้ไปจนถึงเทอมทางเรขาคณิต เช่น ละเอียดย หยาบ กลม เหลี่ยมแบน เกล็ด ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจารย์งานได้เพียงแค่มองด้วยตาก็ได้

2. การสัมผัสเคลื่อนไหว (Dynamic sensation) ได้แก่ การลูบไล้ การบีบ การกด การดึง การฉีก การฉีก การฉีก ซึ่งมนุษย์รับรู้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ตอบสนองต่อการกระทำดังกล่าวได้ เช่น ความแข็ง ความเหนียว ความนุ่ม รวมทั้งรับรู้ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อมีการให้แรงที่เคลื่อนไหวในระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังเปรียบเทียบในตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 ระดับของลักษณะเนื้อสัมผัส

ประเภทลักษณะเนื้อสัมผัส	ระดับของลักษณะเนื้อสัมผัส (ต่ำ → สูง)
การสัมผัสเคลื่อนไหว ความแข็ง (hardness) การเกาะกันระหว่างอนุภาค (cohesiveness) ความข้นหนืด (viscosity) การเกาะกันระหว่างอนุภาคอาหารกับผิวสัมผัส (adhesiveness) เช่น ลื่น เพดาน	นุ่ม (soft) → แน่น (firm) → แข็ง (hard) ก้อนร่วน (crumbly) → เม็ดร่วน (crunchy) → ผงร่วน (brittle) หรือกรอบร่วน นุ่ม (tender) → เหนียว (chewy) → กระด้าง (tough) เหลว (thin) → ข้นหนืด (viscous) เหนียว (sticky) → เหนอะหนะ (tacky) → เหนียวแน่น (gooey)
การสัมผัสนิ่ง และใช้ตามอง ขนาดรูปร่าง อนุภาค การเรียงอนุภาค ความชื้น น้ำมัน	ก้อน (gritty) → เม็ด (grainy) → ข้นหยาบ (coarse) → ผงละเอียด (powdery) เป็นเส้นใย (fibrous) → เป็นเซลล์ (cellular) → เป็นผลึก (crystalline) แห้ง (dry) → ชื้น (moist) → เปียก (wet) → ฉะ (watery) อมน้ำมัน (oily) → เย็นน้ำมัน (greasy)

ข. ความข้นหนืด (Viscosity / Consistency) ลักษณะเนื้อสัมผัสของของเหลว มีเทอมเฉพาะที่ใช้กำหนดคือ ความข้นหนืด (Viscosity) แต่เนื่องจากในการศึกษาการไหล (rheology) ของของเหลวได้แบ่งของเหลวเป็น 2 ประเภท คือ ของเหลวที่มีเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ทั้งทางเคมีและทางกายภาพ เรียกว่า ของไหลนิวโตเนียน (Newtonian fluid) และลักษณะเนื้อสัมผัสให้วัดในค่าของความข้นหนืด (viscosity / absolute viscosity) ซึ่งค่าความข้นหนืดที่วัดได้จะเป็นอิสระไม่ขึ้นกับแรงในการกวนของเหลวของไหลประเภทนี้ได้แก่ น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ใส ส่วนของไหลอีกประเภท ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันทั้งทางเคมี และ

กายภาพ เรียกว่า ของไหลไม่ใช่นิวโตเนียน (Non-Newtonian fluid) ได้แก่ น้ำมะเขือเทศ น้ำผลไม้ข้น โดยทั่วไปจะพบอาหารเหล่านี้มีลักษณะแบบนี้ และค่าความข้นหนืดที่วัดได้จะขึ้นกับแรง ความเร็วรอบและระยะเวลาในการกวน เรียกค่าความข้นหนืดของของไหลชนิดนี้ว่า ความหนืดปรากฏ (apparent viscosity) หรือค่าความคงตัว (consistency)

5.3.2 ระดับความสำคัญของลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร

ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเป็นลักษณะเฉพาะของอาหารที่เป็นลักษณะเด่นแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร อาหารบางชนิดจุดเด่นอยู่ที่ลักษณะเนื้อสัมผัส แล้วค่อยตามด้วยรสชาติ ได้แบ่งระดับความสำคัญของลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ดังนี้

1. ระดับวิกฤติ (Critical textural characteristic) หมายถึง ประเภทอาหารที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นลักษณะเด่นกว่าลักษณะอื่นๆ เช่น เนื้อสัตว์ มันฝรั่งทอด ข้าวเกรียบ

2. ระดับสำคัญ (Important textural characteristic) หมายถึง ประเภทอาหารที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นลักษณะสำคัญ แต่ไม่ใช่ลักษณะเด่น เมื่อเปรียบเทียบกับ รสชาติ เช่น ขนมปัง ผลไม้ ขนมหวาน

3. ระดับรอง (Minor textural characteristic) หมายถึง ประเภทอาหารที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นลักษณะรอง เช่น เครื่องดื่ม ซุปเหลว (thin soup) น้ำผลไม้ใส (น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล)

5.4 รส (Taste Chemical feeling)

โดยทั่วไปมนุษย์จะรับรู้ “รส” ควบคู่ไปกับการรับรู้ “กลิ่น” โดยใช้อวัยวะในช่องปาก คือ ลิ้น เพดาน รวมทั้งช่องคอ และบางครั้งจะรวมกับการเคี้ยวอาหาร และได้ความรู้สึกรวมคือ รสชาติ (flavor) ด้วย เหตุนี้คำตัดสินทางประสาทสัมผัสต่อรสชาติอาหารมาจากองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบคือ “กลิ่น” ที่ได้รับจากจมูกโดยตรง และระหว่างการเคี้ยว “รส” (taste) ได้รับโดยลิ้นและเพดาน และ “ความรู้สึกของสารเคมี” ที่สัมผัสอวัยวะในช่องปากหลังทดสอบ เช่น “รส” เผ็ด รู้สึกร้อนจากอัลกอฮอล์รู้สึกเย็นจากเมนทอล หรือมินต์ รสผลไม้ รสปลา

5.4.1 นิยาม

รส (taste) หมายถึง สารใดๆที่ให้รส หรือมีรส ซึ่งประสาทสัมผัสของมนุษย์สามารถรับรู้ได้โดยผ่าน ลิ้น เพดาน และอวัยวะในช่องคอ ได้แก่ รสพื้นฐาน : รสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และรสขม รวมทั้งรสผงขุรส (อูมามิ) และรสที่ไม่จัดเป็นรสพื้นฐานได้แก่ รสสตรอร์เบอร์รี่ รสส้ม รสไก่ รสกุ้ง กลุ่มหลังนี้สารที่ให้รสมักจะให้กลิ่นร่วมด้วย ดังนั้น การทำรสชาติเทียบเท่าจึงทำได้โดยผสมกันระหว่างสารให้กลิ่นและรสรวมกัน เช่น รสส้ม ก็จะหมายถึงทั้งรส และกลิ่นส้มรวมกัน

5.4.2 รสพื้นฐาน (Basic tastes)

รสพื้นฐาน ประกอบด้วย 5 รส คือ รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม รสขม และรสผงขุรส หรือมีชื่อเรียกในภาษาญี่ปุ่นว่า รสอูมามิ

ลักษณะสำคัญของรสพื้นฐานมีดังนี้

1. มีบริเวณรับรสเฉพาะที่ลิ้น (Taste receptor) ซึ่งอยู่ที่ปุ่มรับรส (Taste papillae)
2. มีลักษณะรสเฉพาะ
3. ผลิตจากการผสมสารให้รสพื้นฐานอื่นไม่ได้

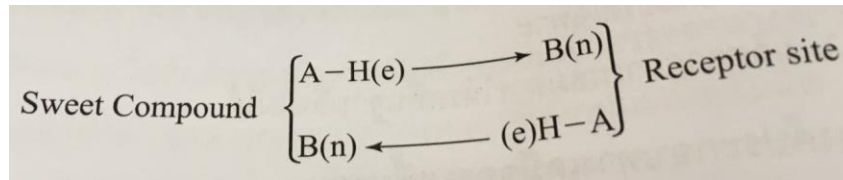
5.4.3 องค์ประกอบทางเคมีของรสพื้นฐาน

ก. รสหวาน (Sweet taste) สารให้รสหวานที่เกิดตามธรรมชาติ คือ สารประกอบในกลุ่มน้ำตาลเชิงเดี่ยวและเชิงคู่ เช่น น้ำตาลกลูโคส ซูโครส ฟรุคโทส นอกจากนี้ยังมีสารประกอบที่ให้รสหวานอื่นๆ ดังรวบรวมในตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 กลุ่มสารให้รสหวาน

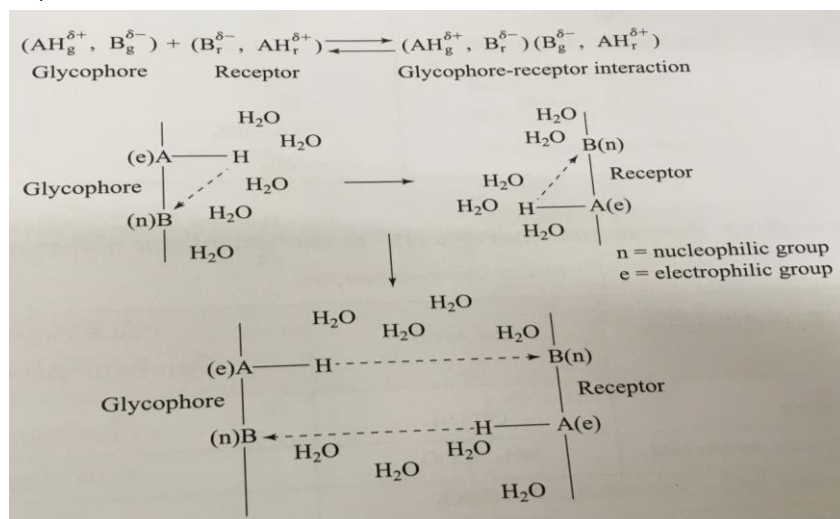
กลุ่มสารให้ความหวาน	ตัวอย่าง
1. กลุ่มน้ำตาลในธรรมชาติ	เชิงเดี่ยว : กลูโคส กาแลคโทส ฟรุคโทส บีตา-แมนโนส (ขม) แอลฟา-แมนโนส (หวาน) ไซโลส (wood sugar) ไรโบส อะราบิโนส เชิงคู่ : ซูโครส แล็กโทส มอลโทส ราฟฟิโนส
2. กลุ่ม Acyclic polyhydroxy alcohols	Ethylene glycol, Glycerol, Erythritol, Xylitol, Galactitol, Sorbitol, Maltitol, Lactitol
3. กลุ่ม Hydroxy carbonyl compounds	Glycoaldehyde, Glyceraldehyde, Dihydroxyacetone
4. กลุ่ม Peptides	L – Aspartic acid peptides D – Phenylalanine (sweet), L – Phe (bitter) D - Tryptophan
5. กลุ่ม Sweet organic compounds (ส่วนใหญ่ใช้เป็นน้ำตาลเทียมและมีรสหวานกว่าน้ำตาลซูโครสมาก)	Nitroaniline compound, Saccharine, Sulfamates, Oximes, Diphenyl substances, Sesquiterpenes, Sulfuones, Dimethyl urea, Urea (bitter), 4 – Ethoxyphenyl urea, Aspartame

ปฏิกิริยาเคมีของการรับรสหวานจากสารในกลุ่มดังตารางที่ 8.5 เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาถ่ายโอนโปรตอนจากสารเคมีให้รสไปยังบริเวณรับรสหวานที่ต่อมรับรส (taste bud) เรียกปฏิกิริยาว่า Bipartite AH, B interaction ดังรูปที่ 8.8 และรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.8 ปฏิกริยา Bipartite AH, B interaction ของรสหวาน
 n = nucleophilic group, e = electrophilic group

ตัวอย่างสารประกอบ AH และ B ที่อยู่ใน taste bud และอยู่ในสารให้รสหวาน ปรากฏในตารางที่ 8.6, 8.7 ซึ่งหลังจากเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่าง AH-B จะมีการกระตุ้นให้ส่งสัญญาณไปสมอง โดยมีค่าตัดสินรสหวาน (sweet sensory verdict) ที่ระดับต่างกัน พบว่ากลุ่ม AH/B เป็น NH(Ph)COO^- , NH/SO_3 มักจะให้รสหวานมากกว่ากลุ่มน้ำตาล (OH/OH)



รูปที่ 8.9 ปฏิกริยาการเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในและระหว่างโมเลกุลของสารรสหวาน (glycophore) และตัวรับ (receptor), $\text{AH}_g^{\delta+}$, $\text{B}_g^{\delta-}$ = glycophore ; $\text{AH}_r^{\delta+}$, $\text{B}_r^{\delta-}$ = receptor

จากรูปที่ 8.9 สารให้รสหวานเรียกว่า sweetness glycophore ไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับ AH/B ของ receptor โดยที่หมู่ AH ทั้งใน glycophore และ receptor เป็น electrophilic group ส่วน B ทำหน้าที่เป็น nucleophilic group เกิดเป็นพันธะไฮโดรเจนแบบคู่ขนานสวนทาง (antiparallel) หรือเกิด sugar / receptor interaction

ตารางที่ 8.7 หมู่ไกลโคสเตอร์ริก (glycoesteric group) ของหวาน

AH	B
Hydrated Na ion - OH - NH, NH (Phenyl) - NH ₂ , NH ₃ ⁺ - CH (special)	Hydrated chlorine ion - OH - C=O, CO ₂ ⁻ - CH=CH- - Cl - SO ₂ , SO ₃ - NO ₂

ตารางที่ 8.8 ตัวอย่างสารประกอบเชิงซ้อน (AH-B) ระหว่างหมู่เคมีของสารให้ความหวาน กับหมู่เคมีของบริเวณรับรสหวาน (sweet receptor site)

ชื่อสารให้รสหวาน	หมู่ AH/B	ระดับความหวาน (เปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส)
Sugars	OH/OH	1 (น้ำตาลซูโครส)
Peptides, amino acid	NH ₃ ⁺ /COO ⁻	35 (D-Tryp)
Sulfamic acid	NH/SO ₃	200
Dihydroxyacetone	OH/CO	10-50
Glycerose		
Ureas	NH ₂ /CO	250 (4-Ethoxyphenyl urea)
Aspartame (L-Asp+L-Phe-methyl ester)	NH ₃ ⁺ (Ph)/CO ₂ ⁻	200
Cyclamic acid	NH/SO ₃ ⁻	50
Saccharine	NH/SO ₂	200-700
Glycol	130	Recognition threshold
	49	เทียบเท่าน้ำตาลซูโครส 3%
Glycerol	108	Recognition threshold
	48	เทียบเท่าน้ำตาลซูโครส 3%
D, L-Erythritol	240	เทียบเท่าน้ำตาลซูโครส 3%
L-Arabitol	100	Recognition threshold
Xylitol	96-100-117	

Sorbitol	54	เปรียบเทียบกับการเพิ่มความเข้มข้น
	41	
	55-58	
Mannitol	57	} หลาย References
	69	
	51-62	} หลาย References
Dulcitol	41	
	46	
Lactitol	50	} หลาย References
Maltitol	90	
Palatinit®	25	-
		-
		เทียบเท่าน้ำตาลซูโครส 10%

ข. รสเปรี้ยว (Sour taste) สารที่มีรสเปรี้ยว คือ สารประกอบประเภทกรด ซึ่งสามารถแตกตัวให้อิออนไฮโดรเจน (H^+) ระดับความเปรี้ยวขึ้นกับความเข้มข้นของอิออนไฮโดรเจน และความเข้มข้นของกรด กรดที่ใช้เป็นอาหารส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) และเป็นกรดอ่อน ที่ให้รสเปรี้ยวค่า pH อยู่ระหว่าง 3.7-3.9 ส่วนกรดอินทรีย์ (inorganic acid) ที่ใช้ในอาหารมีตัวเดียวคือ กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ซึ่งระดับความเปรี้ยวจะขึ้นอยู่กับรูปของ mono-, di- หรือ tri-protic ดังตารางที่ 8.9 แสดงระดับความเปรี้ยวเปรียบเทียบกับกรดซิตริก

ตารางที่ 8.9 ระดับความเปรี้ยวของกรดอินทรีย์ และอนินทรีย์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรดซิตริก

ชื่อ	Threshold (N)	ระดับความเปรี้ยว	ความเข้มข้นที่ส่งผลให้มีรสเปรี้ยวเท่ากัน (M)*
กรดอินทรีย์	$\uparrow$ 0.001-0.002 N $\downarrow$	กรดซิตริก	1
กรดทาร์ทาริก		0.80-0.85	7.0×10^{-4}
กรดมาลิก		0.89-0.94	7.0×10^{-4}
กรดฟumaric		0.67—0.72	7.5×10^{-4}
กรดแลกติก		ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
กรดอะซิติก		ไม่มีข้อมูล	8.5×10^{-4}
		ไม่มีข้อมูล	2.1×10^{-3}
กรดอนินทรีย์			
H_3PO_4	0.001	0.55-0.60	ไม่มีข้อมูล

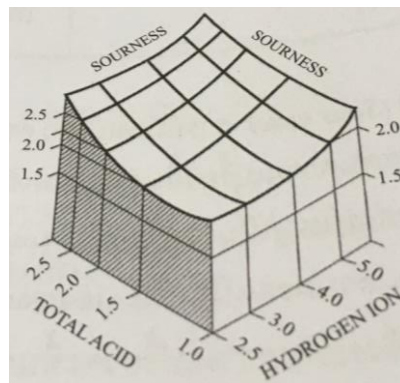
HCl	0.0009	-	-
H ₂ SO ₄	0.0011	-	-
HNO ₃	0.001	-	-

*จากตาราง ระดับความเปรี้ยวของกรดอินทรีย์ จะเรียงลำดับ คือ

กรดซิตริก, กรดทาร์ทาริก > กรดมาลิก > กรดแลคติก > กรดอะซิติก

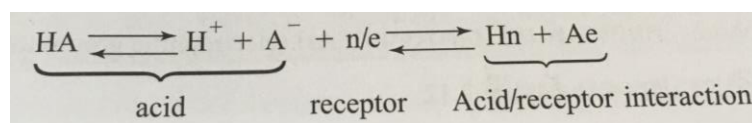
ส่วนระดับความเปรี้ยวของกรดอนินทรีย์ : HCl > H₂SO₄ > HNO₃ > H₃PO₄

นอกจากนี้ได้มีผลวิเคราะห์พบว่า ค่าความเป็นกรด (total acidity) และระดับ pH มีต่อรสเปรี้ยว ดังรูปที่ 8.10



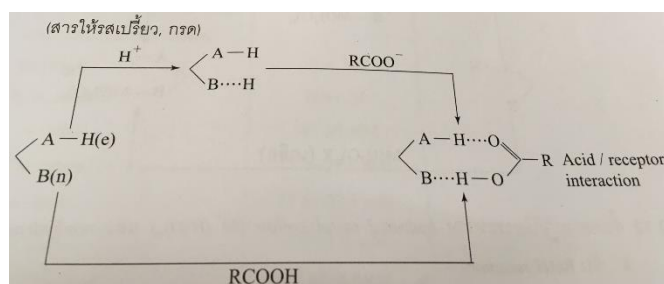
รูปที่ 8.10 ผลรวมของปริมาณกรดทั้งหมด และ pH ต่อรสเปรี้ยวของสารละลาย เมื่อเปรียบเทียบกับรสเปรี้ยวที่เท่ากันจากกรดไฮโดรเจน

ได้มีผู้เสนอกลไกการสร้างพันธะไฮโดรเจน ระหว่างสารให้รสเปรี้ยว (กรด) กับตัวรับ ดังในรูปที่ 8.11



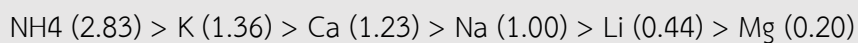
(n = nucleophilic group, e = electrophilic group)

กรณีนี้ปฏิกิริยาเคมีการรู้รสเปรี้ยวเป็นเหมือนการไตรเตรท ซึ่ง receptor จะทำหน้าที่เป็น “base” และสารให้รสเปรี้ยวทำหน้าที่เป็นตัวให้รสเปรี้ยว หรือให้ความเป็นกรด (acidophore) ซึ่งจะไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับ B(n)/AH(e) บน receptor ดังรูปที่ 8.11



รูปที่ 8.11 ปฏิกิริยากลไกการเกิดพันธะไฮโดรเจนของรสเปรี้ยวระหว่างสารและตัวรับรส

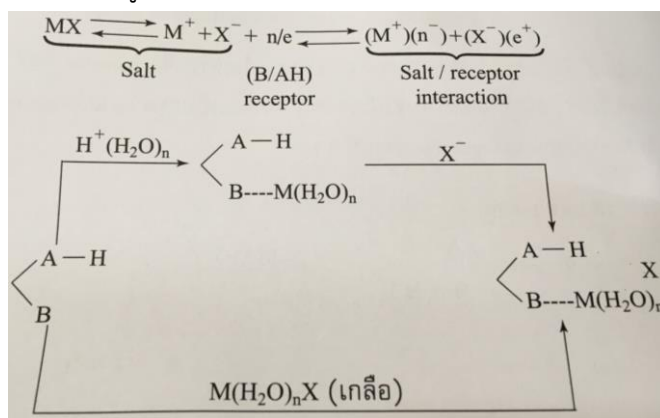
ค. รสเค็ม (Salty taste) สารที่มีรสเค็มคือ เกลือ และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จัดเป็นเกลือที่มีรสเค็มแท้ (purely salty taste) รสเค็มจากเกลือเป็นผลจาก ชนิด / ความเข้มข้นของแอนไอออน (anion) และแคตไอออน (cation) ดังได้มีเปรียบเทียบระดับความเค็มกับ NaCl (1.0) และเมื่อจัดตามอนุกรมของแคตไอออนของคลอไรด์ จะเป็น



สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเกลือโซเดียมคลอไรด์นั้นพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นต่ำที่มีรสหวาน และเริ่มรู้สึกมีรสเค็มที่ความเข้มข้นสูงขึ้น

0.009 M ไม่มีรส	0.010 M หวานเล็กน้อย	0.015 M ค่อนข้างหวาน
0.020 M หวาน	0.030 M หวานมาก	0.040 M หวานเค็ม
0.050 M เค็ม	0.500 M เค็มแท้ (purely salty)	

สำหรับกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารให้รสเค็ม ได้แก่ hydrated metal cation ($\text{M}^+\text{nH}_2\text{O}$) ได้แก่ Na^+ ที่จับกับ non hydrated anion, X^- และ Cl^- โดยสารให้รสเค็มจะทำหน้าที่เป็น ตัวให้รสเค็ม (saltiness halophore) โดยพันธะไฮโดรเจนกับ AH (electrophilic group) และ B (nucleophilic group) ของ receptor อธิบายประกอบ ดังรูปที่ 8.12



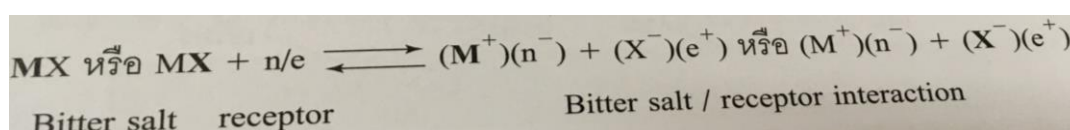
รูปที่ 8.12 ขั้นตอนปฏิกิริยาระหว่าง hydrated metal cation ($\text{M}^+(\text{H}_2\text{O})_n$) และ nonhydrated anion, X^- กับ B/AH receptor

ง. รสขม (Bitter taste) สารให้รสขมได้แก่สารประกอบกลุ่มอัลคาลอยด์ (alkaloids) เช่น สตริกนิน (strychnine), บรูซิน (brucine), พิเพอริน (piperine), โซลานิน (solanine), ควินิน (quinine) และ คาเฟอีน (caffeine); สารกลุ่มไดเทอร์เพน (diterpenes) และสารอินทรีย์รสขมอื่นๆ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 8.10

ตารางที่ 8.10 รายละเอียดของสารให้รสขม

สารให้รสขม	Bitterness threshold	แหล่งที่พบ / ลักษณะทางเคมี
1. กลุ่มอัลคาลอยด์		
Strychnine	1.6×10^{-6} M	พบในเมล็ดของพืช genus Strychnos
Brucine (10, 11-dimethoxystychnine)	1.2×10^{-5} M	พบในเมล็ดของพืช genus Strychnos
Peperine	ไม่มีรสแต่จะให้เผ็ดร้อน (burning aftertaste)	พริกไทยดำ (Piper nigrum) มี pyridine group เช่นเดียวกับ nicotine
Solanine	-	มี tropane group พบในโกโก้ (cocoa)
Quinine	8.0×10^{-6} M	พบในต้นซิงาโคนา (Cinchona officinalis)
Caffeine	7.0×10^{-4} M	พบในพืชพวงกาแฟ, ชา
2. กลุ่มเอไมด์ และไทโอเอไมด์ (Amides, Thioamides) เอไมด์ ($RCONH_2$) มีหลายชนิด และระดับรสขมขึ้นกับชนิดของ หมู่ R		
R = methyl	100 mM	
= ethyl	50 – 55 mM	
= propyl	17.5 – 22.5 mM	
= butyl	17.5 – 22.5 mM	
= C_6H_5	0.8 – 1.0 mM	
phenylthiourea	2×10^{-5} M - 8.0×10^{-3} M	

ปฏิกิริยาเคมีของการรับรู้รสขมจะแตกต่างไปจากกรณีของ รสหวาน รสเปรี้ยว และรสเค็มที่อธิบายตอนต้น กล่าวคือ กลไกทางเคมีของรสขมจะเกี่ยวข้องกับระดับความแตกต่างของปฏิกิริยาระหว่าง bitter salt และ receptor เป็นแบบพันธะไอออน (ionic) ซึ่งมาจาก cation และ anion



ปฏิกิริยารสขมที่เกิดจากหมู่ anion และ cation มีความสำคัญเท่ากัน ขึ้นกับความพอดีของตัวรับ (n/e) ในการที่จะทำให้ปฏิกิริยา จึงเรียกลักษณะการให้รสขมว่า pseudo – glycopore หรือ picrophore ด้วยเหตุ

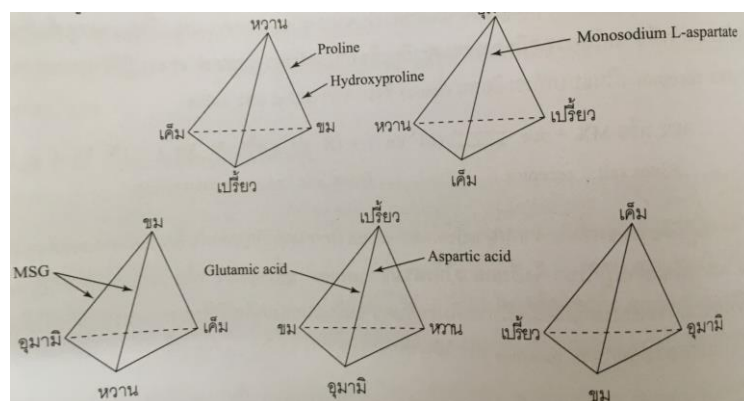
นี่จึงพบว่ารสขมมักจะเป็นรสที่เกิดเมื่อมีการเพิ่มระดับความเข้มข้นของเกลือที่ให้รสหวานหรือเกลือที่ให้รสเค็ม และการแยกรสขมออกจาก receptor ก็ทำได้ยากกว่ารสหวาน รสเค็ม และรสเปรี้ยว

จ. รสอูมามิ (Umami taste) อูมามิ (Umami) เป็นภาษาญี่ปุ่น หมายถึง สารที่มีรสดี (tasty substance) รสอูมามิ หมายถึง รสเนื้อ (“meaty” taste) หรือรสโปรตีนเนื้อ พบว่า สารประกอบที่ให้รสอูมามิ ได้แก่ สารผสมระหว่างเกลือ IMP (disodium 5' - inosinate) และเกลือ GMP (disodium 5' - guanylate) และสารกลุ่มไกลโคโปรตีน (disodium)

อะริสโตเติล (Aristotle) ได้เคยกล่าวไว้ว่า รสพื้นฐานมีเพียง 2 รส คือ รสหวาน และรสขม แต่ต่อมาในปี ค.ศ. 1864 ฟิค (Fick) รวมทั้งนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคน พบว่ารสพื้นฐานมี 4 รส คือ รสหวาน รสขม รสเปรี้ยว และรสเค็ม ตามสารธรรมชาติที่พบ แต่เมื่อไม่นานมานี้ในราวปี ค.ศ. 1908 เค. อิเคดะ (K. Ikeda) (J. Tokyo Chem. Soc. 30 : 820 – 836, 1909) เป็นคนแรกที่ค้นพบรสอูมามิของเกลือกูตาเมต (Glu) ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล และเชื่อว่ารสของเกลือกูตาเมตเป็นรสพื้นฐาน ได้ชื่อภายหลังว่า อูมามิ (Umami) เพราะว่าเกลือกูตาเมตให้รสพิเศษ (unique taste) และการเติมเกลือกูตาเมตลงในอาหารจะเสริมฤทธิ์กับสารประกอบพวกนิวคลีโอไทด์ (nucleotides) ในอาหาร ทำให้อาหารมีรสดี การสรุปว่ารสอูมามิเป็นรสพื้นฐานนั้น มีรายงานว่ามาจากปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับลักษณะรสพื้นฐานที่มีอยู่เดิมของรสทั้ง 4 รส ดังนี้

1. ตัวรับรสเกลือกูตาเมต (Glu receptor) มีลักษณะแตกต่างจากตัวรับรสทั้ง 4 รส
2. เกลือกูตาเมต ไม่มีผลกระทบต่อสารกระตุ้นตัวอื่น
3. รสอูมามิ แตกต่างไปจากรสทั้ง 4 รสพื้นฐานเดิม (หวาน, เค็ม, เปรี้ยว และขม)
4. รสอูมามิ ไม่สามารถทำให้เกิดขึ้นได้จากการผสมของรสทั้ง 4 รส

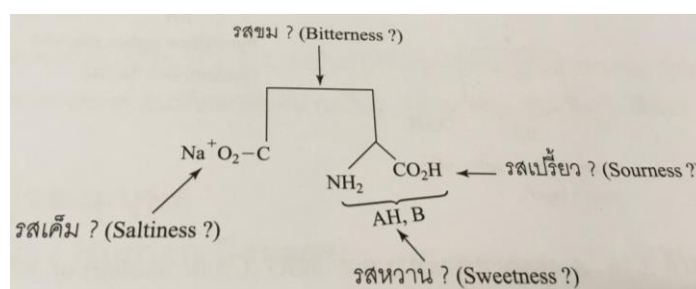
จากทั้ง 4 ลักษณะของรสอูมามิ จึงเชื่อว่ารสอูมามิเป็นรสพื้นฐานลำดับที่ตามคำนิยามของ ฟริงก์ซ (Fring's definition) และได้มีการเสนอปฏิกริยาร่วมระหว่างรสพื้นฐานทั้ง 5 เพิ่มขึ้นมา ดังรูปที่ 8.13



รูปที่ 8.13 รูป regular polyhedron ของสหสัมพันธ์ของ 5 รสพื้นฐาน

สมบัติของรสเกลือกลูตาเมต (MSG)

ได้มีรายงานว่าหมู่คาร์บอกซิลทั้ง 2 หมู่ในเกลือกลูตาเมต (MSG) เมื่อแตกตัวจะไปกระตุ้นความรู้สึกของลิ้นที่รับรส ทำให้รู้สึกว่ามีทั้ง รสขม, รสเค็ม, รสเปรี้ยว และรสหวาน ตามกลไกการเกิดรสดังที่ได้ อธิบายไว้ในกลไกการรู้รสทั้ง 4 ที่อธิบายไว้ตอนต้น กล่าวคือ รสหวานมาจากสมมติฐาน AH-B, รสขมมาจาก ปฏิกิริยาร่วมของแฟคเตอร์ด้านการเชื่อมพันธะไฮโดรเจน, การมีขั้ว (polar), การมีทิศทาง (steric) และการมี หมู่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) สำหรับรสเปรี้ยวซึ่งเกิดจากหมู่โปรตอนที่ไว (active protons) และรสเค็มมา จากบทบาทของสารกลุ่มเกลือโซเดียมคาร์บอกซิเลตชี้ให้เห็นตามรูปที่ 8.14 ได้ว่า MSG น่าจะมีสมบัติของรส หวาน รสเค็ม และยังพบอีกว่า MSG เข้มข้น 6.25×10^{-4} M จะแสดง taste threshold เท่ากับรสเค็มของ NaCl



รูปที่ 8.14 รส MSG ที่อาจเป็นไปได้ (Possible MSG taste function)

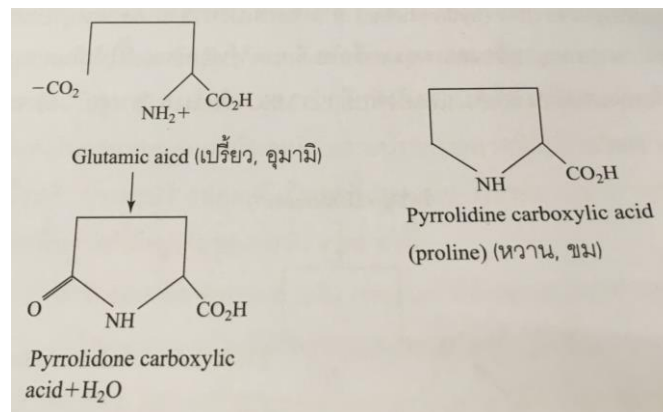
ต่อมาได้มีการทดลองยืนยันรสเกลือกลูตาเลต (MSG) ว่าเป็นรสอูมามี โดยวิเคราะห์รสของสารให้รส ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ MSG เช่น monosodium L-aspartate, asparagine, aspartic acid, glutamic acid, proline และ hydroxyproline ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 8.11

ตารางที่ 8.11 รสของสารประกอบที่สัมพันธ์กับโมโนโซเดียมกลูตาเมต (MSG)

สารประกอบ	รส
Monosodium L-aspartate	อูมามี และเค็ม
Asparagine	เปรี้ยว และขม
Aspartic acid	เปรี้ยว และอูมามี
Glutamic acid	เปรี้ยว และอูมามี
Proline	หวาน และขม
Hydroxyproline	หวาน และขมเล็กน้อย
MSG	อูมามี

จากข้อมูลในตารางที่ 8.11 พอจะกล่าวได้ว่า รสอูมามี เป็นรสเฉพาะจากสารประกอบของ monosodium L-glutamate และเมื่อลองมาวิเคราะห์สูตรโครงสร้างของ MSG พบว่ามีโอกาสจะเกิดเป็นสาร

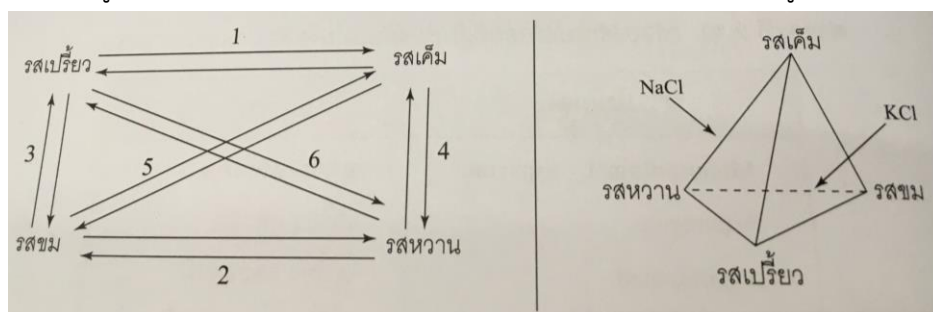
วงแหวนของ pyrrolidone carboxylic acid ตามรูปที่ 8.15 และสูตรโครงสร้างของ pyrrolidone carboxylic acid จะเหมือนกับ proline (pyrrolidine carboxylic acid) ซึ่งมีรสหวาน และขม แต่จะไม่พบรสขมใน MSG เพราะ MSG มีความเป็นสารมีขั้ว (polar factor) สูงมาก ($-\text{CO}_2$ และ NH_2^+)



รูปที่ 8.15 สารอุปมาวงแหวนจาก MSG (Cyclic analogs of MSG)

ปฏิกิริยาระหว่างรสพื้นฐาน 4 รส

รสพื้นฐานทั้ง 4 รส คือ รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และรสขม จะมีปฏิกิริยาสวนกลับเมื่อลักษณะทางเคมีของสารให้รสเปลี่ยนรูป เปลี่ยนความเข้มข้นของสารประกอบที่ให้รส ดังอธิบายตามรูปที่ 4.16



รูปที่ 8.16 ความสัมพันธ์ระหว่างรสพื้นฐานแบบสี่เหลี่ยม และแบบ Henning's (1915) tetrahedron

° ปฏิกิริยาที่ 1, 2 เป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูปของสารประกอบ และการเปลี่ยนระดับความเข้มข้น เช่น กรณีของ ∞ -D-mannose ที่ปกติมีรสหวาน แต่เมื่อเปลี่ยนรูปเป็น β -D-mannose จะเปลี่ยนเป็นรสขม (ปฏิกิริยาที่2) และ KCl ที่ระดับความเข้มข้นต่ำให้รสหวาน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจะให้รสขม (ปฏิกิริยาที่2)

° ปฏิกิริยาที่ 3, 4 เป็นผลมาจากการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารประกอบ ตัวอย่างเช่น NaCl ที่ความเข้มข้นต่ำให้รสหวาน เมื่อความเข้มข้นสูงจะให้รสเค็ม (ปฏิกิริยาที่4)

° ปฏิกิริยาที่ 5,6 เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนความเข้มข้น รวมทั้งการผสมระหว่างหลายรส เช่น เกลือ Beryllium chloride และเกลือ lead acetate จะได้รสหวานที่ความเข้มข้นต่ำ และเปรี้ยว เมื่อความเข้มข้นสูง (ปฏิกิริยาที่6) ส่วนแมกนีเซียมซัลเฟต ชนิดอื่นมีรสเค็ม-ขม ตามการเปลี่ยนความเข้มข้น (ปฏิกิริยา5)

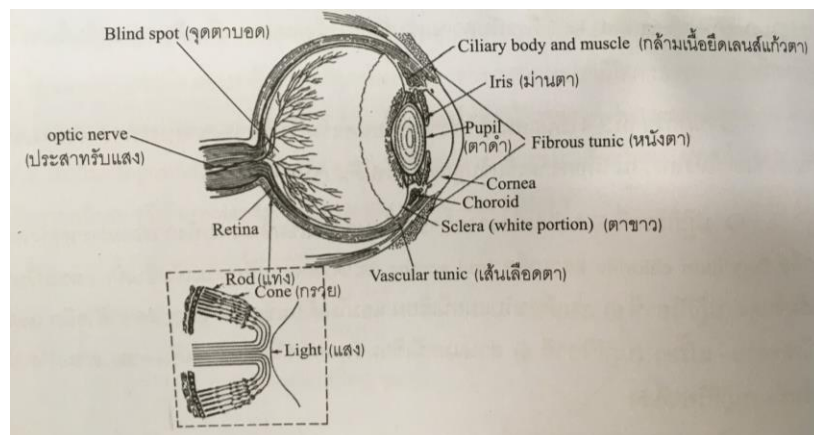
สังเกตได้ว่าปฏิกิริยาที่ 1, 2, 3, 4 เป็นปฏิกิริยาหลักที่มีปฏิกิริยาสวนทาง ส่วนกรณีปฏิกิริยาที่ 5, 6 เป็นปฏิกิริยารองของการเปลี่ยนกลับคือ (เปรี้ยว-หวาน-เค็ม-ขม) ซึ่งเกิดได้น้อย

6. วิธีการรับรู้ของมนุษย์ (Perception / Human Senses)

วิธีการที่มนุษย์รับรู้คุณลักษณะเฉพาะของอาหารมาจากระบบประสาทสัมผัส 5 ระบบ ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง ระบบประสาทสัมผัสแต่ละชนิดอาจมีประสาทสัมผัสอย่างอื่นร่วมด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 ระบบการเห็น (Vision / Color vision / Texture vision)

การมองเห็นเป็นวิธีการที่มนุษย์ใช้รับภาพเพื่อประเมินคุณลักษณะเฉพาะของอาหารด้านลักษณะปรากฏ (appearance) ได้แก่ สี (color vision) ลักษณะทางกายภาพอื่นๆ (texture vision) เช่น ขนาด รูปร่าง สิ่งบกพร่อง อวัยวะที่ใช้คือ ตา และประสาทการรับรู้ที่ประสานงานกับการทำงานของตา ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังรูปที่ 8.17



รูปที่ 8.17 ส่วนประกอบของตา และอวัยวะที่ใช้รับภาพ

ส่วนที่ 1 เรียกว่า เลนส์ และคอร์เนีย (lense & cornea) : คอร์เนียทำหน้าที่รวมแสงให้ไปรวมที่เรตินา ซึ่งอยู่ด้านหลังโดยมีเลนส์ทำหน้าที่ปรับและโฟกัสแสง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความโค้งของกล้ามเนื้อที่ยึดเลนส์แก้วตา (ciliary body)

ส่วนที่ 2 เรียกว่า ม่านตา (iris) : ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่จะเข้าสู่ตา

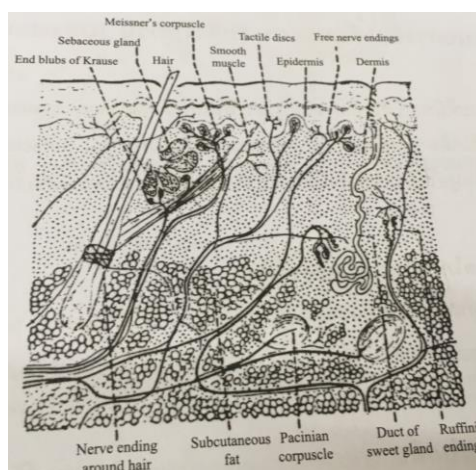
ส่วนที่ 3 เรียกว่า เรตินา (retina) : ทำหน้าที่ดูดซับแสง เรตินาประกอบด้วยเซลล์ 2 ส่วนที่มีความไวต่อแสงแตกต่างกัน คือ เซลล์ที่เรียกว่า rod cells (เซลล์แท่ง) มีความสามารถในการแยกความแตกต่างระหว่างความมืด – ความสว่าง ดังนั้น จะช่วยให้เราเห็นวัตถุได้ในที่มืดและสว่าง อีกส่วนเรียก cone cells (เซลล์รูปกรวย) มีความสามารถในการแยกสี แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ เซลล์รูปกรวยสำหรับสีแดง (red cone cells) เซลล์รูปกรวยสำหรับสีเขียว (green cone cells) และเซลล์รูปกรวยสำหรับสีน้ำเงิน (blue cone cells) โดยแสง

จะไปกระตุ้นเซลล์รูปกรวย (cone cells) ที่ไวต่อ 3 สี ดังกล่าวแล้วส่งผ่านไปที่เส้นประสาทการรับและเห็นแสง (optic nerves) ไปยังสมอง ทำให้มนุษย์เห็นสี และรายงานออกมาเป็นสีต่างๆได้ แต่ถ้ามนุษย์มีความบกพร่องด้านเซลล์รูปกรวยซึ่งรับสีก็จะทำให้การเห็นสีบกพร่องไป จนถึงระดับที่เป็นตาบอดสี (color blindness) นอกจากนี้ในชั้นเรตินามีบริเวณที่เรียกว่า จุดตาบอด (blind spot) อยู่ตำแหน่งที่เป็นจุดรวมของประสาทรับแสง (optic nerves) ส่งไปยังสมอง ดังนั้น ถ้าแสงตกกระทบบนจุดดังกล่าวก็จะไม่เห็นภาพ มนุษย์มองเห็นสีแตกต่างกัน สาเหตุโดยหลักแล้วมาจากอัตราของการตาบอดสีที่เป็นอยู่ต่างกัน (degree of color blindness exist) ตัวอย่างเช่น การไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสีแดง (red) กับสีส้ม (orange) หรือสีน้ำเงิน (blue) และสีเขียว (green) อย่างไรก็ตามสิ่งเหล่านี้ไม่เกี่ยวข้องกับระดับความไวต่อการดูสี (color sensitivity) หรือความแตกต่างของสี เพราะกรณีหลังมนุษย์อาจจะสามารถฝึกฝนได้ และเพิ่มความคุ้นเคยตลอดจนความจำที่สามารถบ่งบอกความแตกต่างของสีได้

6.2 ระบบการสัมผัส (Somesthesia / Kinesthesia sensation)

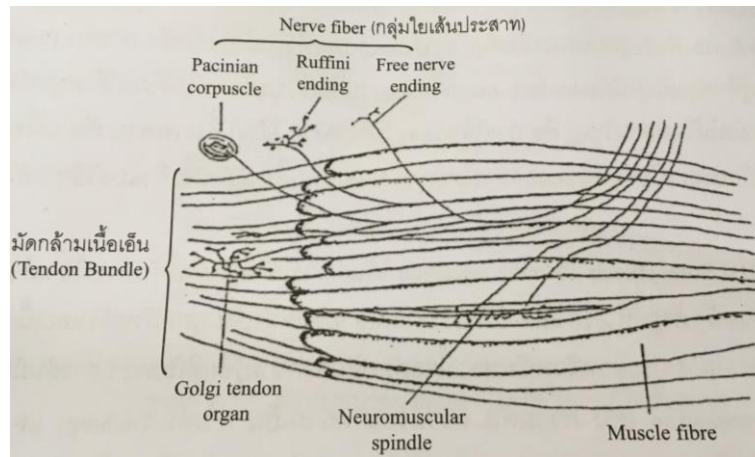
การสัมผัสเพื่อรับรู้ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) โดยทั่วไปมักจะนึกถึง การจับ (touch) โดยใช้มือ แล้ววัดความรู้สึกผ่านผิวหนัง (skinfeel, tactile sense) แต่สำหรับอาหารที่บริโภคได้ มนุษย์สามารถรับรู้ลักษณะเนื้อสัมผัสได้โดยส่วนใหญ่ คือ การใช้ไวยวะในช่องปาก ได้แก่ ลิ้น เพดาน ฟัน เหงือก กราม ก็สามารถวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารโดยการ นวด กัด เคี้ยว ดังนั้น จึงแบ่งวิธีการสัมผัสเป็น 2 แบบ คือ

ก. แบบ **Somesthesia** ใช้ static sensation ได้แก่ **การใช้วิธีสัมผัส, จับด้วยมือ แล้วรับรู้ผ่านเส้นประสาทบริเวณผิวหนัง** ดังรูปที่ 8.18 แสดงเส้นประสาทหลายชนิดที่ไปสิ้นสุดที่ผิวหนัง และเนื้อเยื่อพวก epidermis, dermis และปลายประสาทผิวหนังเหล่านี้จะตอบสนองความรู้สึกที่เรียกว่า การสัมผัส (touch) ในแบบ somesthetic sensation เช่น **ความดัน ความร้อน ความเย็น การคัน (itching) และการจิกจี้ (tickling)**



รูปที่ 8.18 ภาพ somesthetic sensor in skin : ภาพตัดขวางของผิวหนังที่มีปลายประสาทหลายชนิดทั้งปลายประสาททั่วไป และปลายประสาทสัมผัสที่ผิวหนังของเอพิดอร์มิส (epidermis) และชั้นเดอร์มิส (dermis)

ข. แบบ **Kinesthesia** ใช้ dynamic sensation หรือ deep pressure ผ่านเส้นประสาทของกล้ามเนื้อในช่องปาก และเอ็นข้อมือ กราม ขากรรไกร ผลจากการใช้แรงผ่านอวัยวะดังกล่าว จะทำให้รับรู้แรงกด (compression) แรงเฉือนจากพื้น (shear force) การฉีกขาด (rupture) โดยการบาดเจ็บ ดังรูปที่ 8.19



รูปที่ 8.19 ภาพ Kinesthetic sensor ในเอ็น (tendon)

6.3 ระบบการรับกลิ่นและการรับสิ่งรบกวน (Olfactory and Trigeminal sensation)

อวัยวะที่มีระบบรับกลิ่น (olfactory system) คือ จมูก โดยที่โนโพรงจมูกมีเส้นประสาทรับกลิ่น (olfactory nerves) กระจายในตัวรับกลิ่น (olfactory receptor) เส้นประสาทรับกลิ่นเหล่านี้จะส่งข้อมูลไปยังสมองซึ่งมีต่อมรับสมองกลิ่น (olfactory bulb) กระจายอยู่บริเวณสมองส่วนหน้า

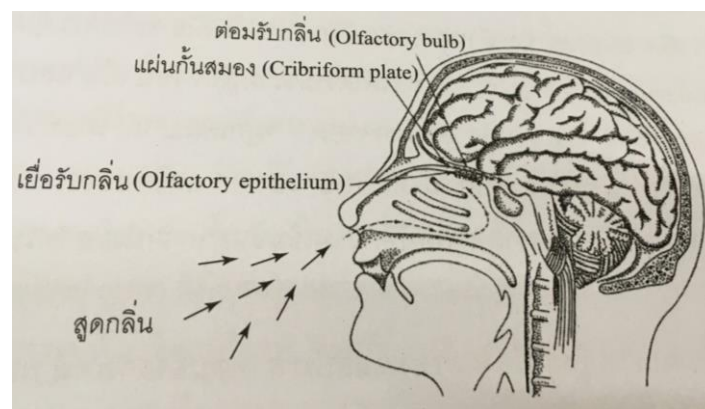
6.3.1 กลไกการทำงานของจมูก

จมูกสามารถดมและสูดกลิ่นจากสารมีกลิ่นในอากาศ (airborne odorants) และสารมีกลิ่นในอาหาร (foodborne odorants) ได้โดยตรง กลไกการทำงานของจมูกประกอบด้วยเซลล์ในจมูกและเส้นประสาทดังต่อไปนี้

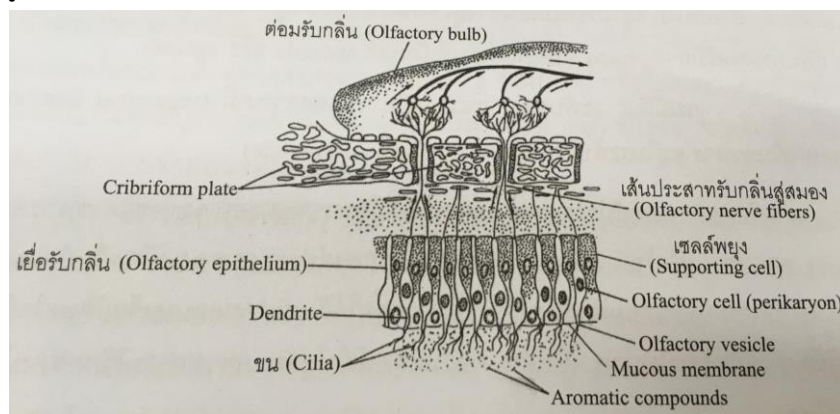
1. **ตัวรับกลิ่น (Olfactory receptor/cells)** เซลล์รับกลิ่นกระจายอยู่ในเนื้อเยื่อเรียกว่า olfactory epithelium / nasal epithelium และมีเส้นประสาทรับกลิ่นไปเชื่อมโยงกับต่อมรับสมองกลิ่น (olfactory bulb) ในสมองส่วนหน้า รูปที่ 8.20 จะเห็นว่าอยู่เหนือชั้น epithelium พอดี ถ้ารูปที่ 2.21 เห็นว่าเซลล์รับกลิ่น (olfactory cells) ห้อมล้อมด้วยเซลล์ประเภทอื่นทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน แต่ส่วนใหญ่ช่วยปกป้องเซลล์รับกลิ่น เช่น Supporting cells, Trigeminal nerve, Mucous membrane

2. เซลล์ปกป้อง / พยุง (Supporting cells) เซลล์ปกป้องโดยทั่วไปมีรูปร่างยาว ช่วยค้ำพยุงเซลล์รับกลิ่น และเซลล์อื่นๆ รวมทั้งช่วยปกป้องเซลล์รับกลิ่นโดยการสร้างเมือกเพื่อดักจับ สิ่งรบกวน เช่น สารเคมี ทั้งนี้ต้องได้รับการกระตุ้นจากปลายประสาท เรียกว่า Trigeminal nerve ที่กระจาย ทั่วไปใน supporting cells

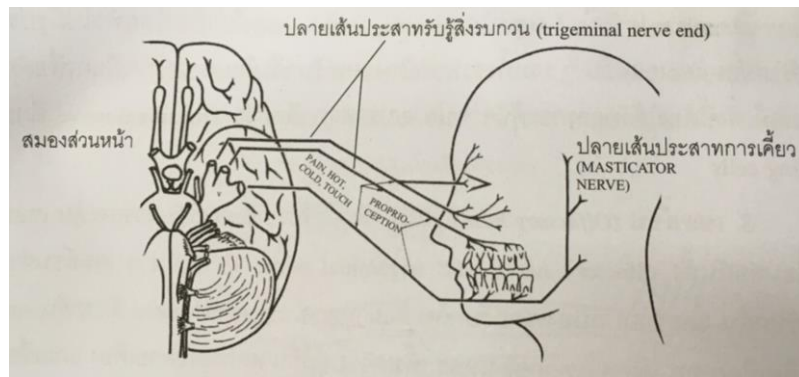
3. เซลล์ขน (Olfactory hair / cilia) มีหน้าที่รับกลิ่นและรับสารกระตุ้น เซลล์ขน มีปลายประสาทเชื่อมต่อกับทั้ง olfactory nerve และ trigeminal nerve ทำให้เห็นว่า เซลล์ขนช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการรับกลิ่น และช่วยปกป้องเซลล์รับกลิ่น ซึ่งผ่านทาง trigeminal nerve ที่กระตุ้น supporting nerve cells ในการผลิตเมือก มูก หรือสารพวกของเหลว เพิ่มความชุ่มชื้น ลดการระคายเคือง และเนื่องจาก trigeminal nerve เชื่อมโยงไปถึงประสาทท่อน้ำตา บางครั้งอาจเกิดอาการแสบตา หรือน้ำตาไหลได้ถ้ามีการ ต้มกลืนสารที่มีสิ่งรบกวนมาก



รูปที่ 8.20 รูปมุกในส่วนของ olfactory receptor ในสมองส่วนหน้า



รูปที่ 8.21 รูปมุกแสดงส่วน olfactory receptor site ขยายรายละเอียด



รูปที่ 8.22 Pathway ของ trigeminus nerve

4. เซลล์ประสาทสนองสารเคมี (Chemical / Trigeminal response) สารเคมีรบกวน (chemical irritants) ได้แก่ พริก, เมนทอล, ขิง, หัวหอม, กระเทียม, แอมโมเนีย จะไปกระตุ้นปลายประสาทสนองสิ่งรบกวน (trigeminal nerve end) ดังรูปที่ 2.22 ทำให้ได้รับความรู้สึก ร้อน เย็น แสบ คัน จุน และในบางครั้งมีน้ำตา น้ำมูก และน้ำลาย ไหล / หลั่ง ออกมาจากตา จมูกและปาก โดยทั่วไปมนุษย์จะแยกส่วนความรู้สึกของการรับกลิ่น และรับสิ่งรบกวนได้ค่อนข้างยาก แต่โดยธรรมชาติแล้วประสาทรับกลิ่น (olfactory nerve) สามารถรับกลิ่นจากสารเคมีที่ความเข้มข้นต่ำกว่าประสาทรับสนองสิ่งรบกวน (trigeminal nerve)

ดังนั้น ในทางปฏิบัติเรื่องผลของเซลล์ประสาทสนองทางเคมี พบว่าสารเคมีจะเข้ามา มีบทบาทก็ต่อเมื่อมีกรณีต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ระดับของการเรกรับรู้กลิ่นจากการดม และรับรสอาหาร / สาร (olfactory and gustatory threshold) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ดังนั้น เนื้อเยื่อจมูกมีโอกาสสัมผัสสารให้กลิ่นจำนวนมาก เช่น กลิ่นกรดฟอร์มิก (กรดมด) หรือผู้ทดสอบที่เป็นโรค anosmic หรือ ageusia

กรณีที่ 2 ระดับของการเรกรับรู้การสนองสารเคมี (trigeminal threshold) ของอาหาร และสารในอาหาร อยู่ในระดับต่ำ เช่น สารแคปไซซิน (capsaicin)

จากข้อมูลด้านเซลล์ประสาทสนองสารเคมีที่มีสารรบกวนอ่อนๆบางชนิด เช่น กรดคาร์บอนิก (carbonation) ความซ่า เผ็ดร้อน (mouthborn) ที่มาจากองค์ประกอบของเครื่องดื่มอัดลม แกงเผ็ดอาจจะมีผลในด้านการยอมรับตามผลิตภัณฑ์ของชนบางกลุ่มได้ดี เช่น คนแถบเอเชียมักพอใจกับอาหารที่มีเครื่องเทศให้ความเผ็ดร้อนในปาก เป็นต้น จนในที่สุดนำไปสู่วัฒนธรรมการบริโภคของประชากรในภูมิภาคไปในที่สุด

6.4 ระบบการรับรส (Gustatory / Taste sensations)

ระบบการรับรสจัดเป็นระบบการรับสนองของสารให้รสในอาหาร (taste chemical response) ผ่านทางปลายประสาทของต่อมรับรส (taste bud) ที่กระจายอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ของลิ้น เช่น ปลายลิ้น ขอบล่างลิ้น รวมทั้งโคนลิ้น ยกเว้นกลางลิ้นซึ่งไม่มีต่อมรับรส นอกจากนี้ยังพบต่อมรับรสที่เพดานและคอด้วย ดังนั้น ระหว่างการรับรส หรือรับสนองสารให้รสก็เหมือนกับระบบการรับกลิ่นและสนองสิ่งรบกวน (olfaction) โดยจมูก และพบว่าทั้ง 2 ระบบจะเกี่ยวโยงกัน เนื่องจากการรับรู้ด้วยเส้นประสาทที่อยู่ใกล้กัน นอกจากนั้น

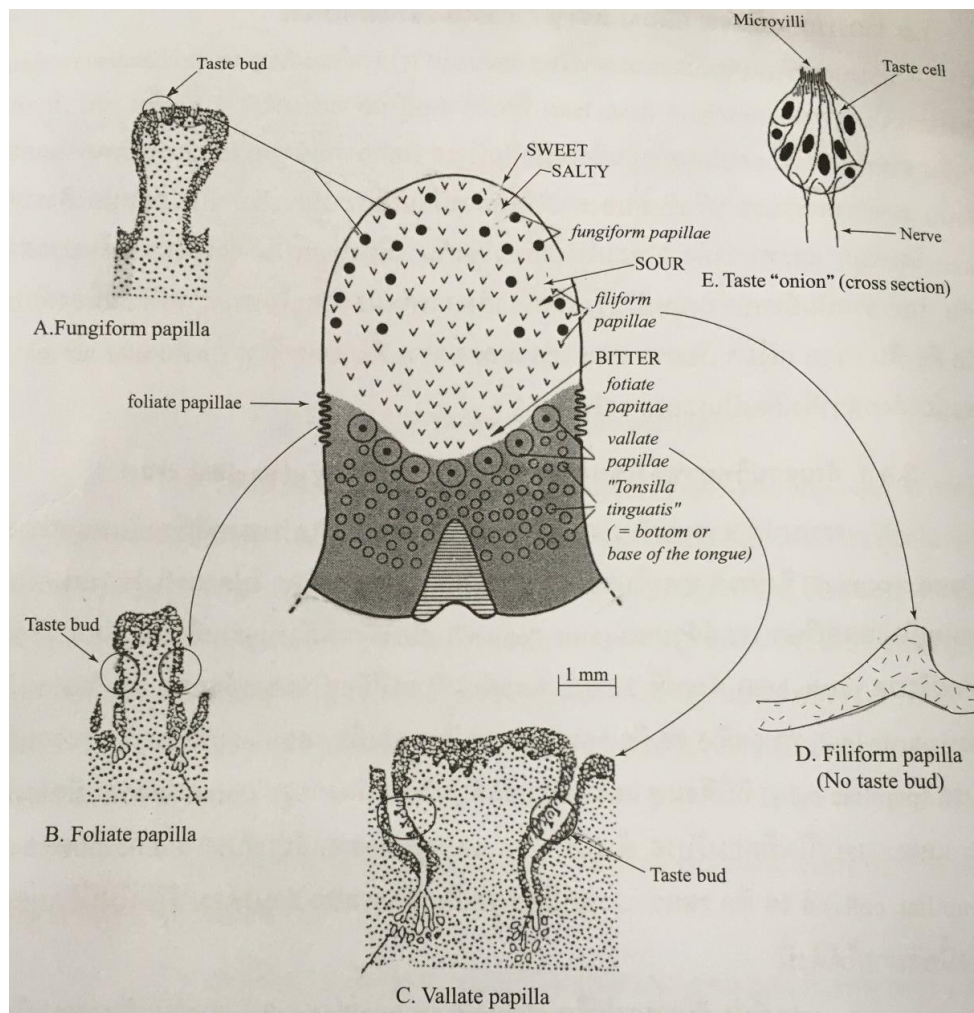
ยังพบว่ามนุษย์รับรู้รสโดยอาศัยการสัมผัสจากเส้นประสาทที่รับสนองลักษณะอยู่ใกล้กัน นอกจากนั้นยังพบว่ามนุษย์รับรู้รสโดยอาศัยการสัมผัสจากเส้นประสาทที่รับสนองลักษณะเนื้อสัมผัส คือ ฟัน กราม เหงือก เรียกว่าเส้นประสาทสนองการเคี้ยวบดอาหาร (masticator nerve) จากความเชื่อมโยงดังกล่าวจึงกล่าวถึงเกิดเป็นระบบการรับรส

6.4.1. สัณฐานวิทยาของเซลล์ปุ่มรับรส (Morphology of papillae cells)

ระบบประสาทการรับรส (taste sense) หมายถึง ระบบประสาทที่เชื่อมโยงระหว่างเซลล์ตัวรับรส (taste receptors) ซึ่งกระจายอยู่ในช่องปาก เช่น ลิ้น เพดาน และคอ ไปสู่การรับรู้ของสมอง เซลล์ตัวรับรสรวมอยู่ในเซลล์เรียก เซลล์หัวหอม (taste “onion”) เนื่องจากมีลักษณะเหมือนหัวหอม หรือเรียกทั่วไปว่า ต่อมรับรส (taste bud) ดังรูปที่ 8.23 (E) และต่อมรับรสที่มีอยู่ในมนุษย์ทุกคน จัดเป็นต่อมรับรสพื้นฐาน (basic taste bud) พบว่ามี 5 รส คือ รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม รสขม และรสอูมามิ กระจายอยู่ในเซลล์ปุ่มรับรส (papillae cells) ที่มีสี่เหลี่ยม และพบว่าเซลล์ปุ่มรับรสมีหลายรูป (form) แต่ละรูปมีต่อมรับรสต่างชนิดกัน และบางรูปก็ไม่มีต่อมรับรส ดังรูปที่ 8.23 แสดงรูปของเซลล์ปุ่มรับรส รายละเอียดของเซลล์ปุ่มรับรส (papillae cells) 4 รส คือ รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และรสขม ส่วนรสอูมามิยังไม่มีข้อมูลแน่ชัดเกี่ยวกับเรื่องนี้อธิบายได้ดังนี้

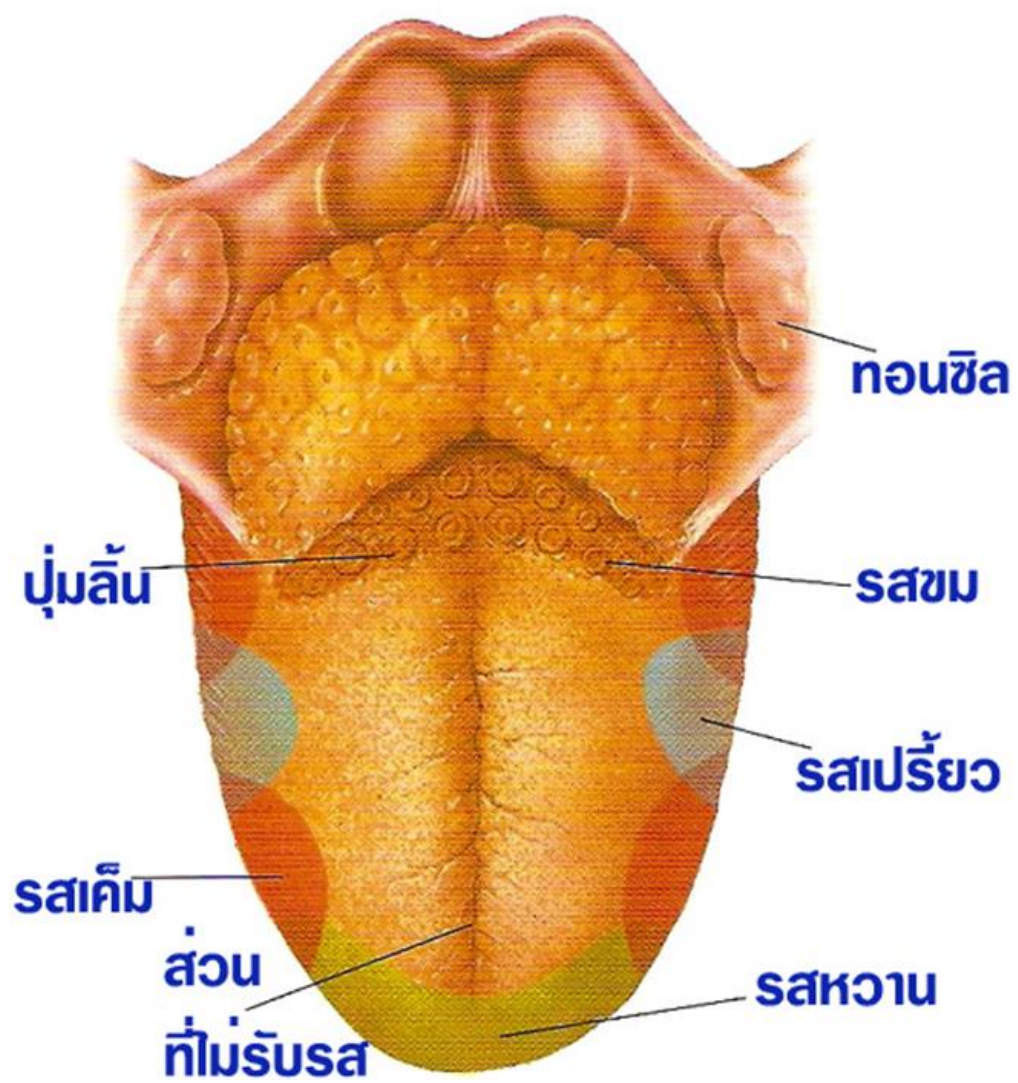
ก. เซลล์ปุ่มรับรสรูปเห็ด (Fungiform papillae cells) เซลล์ปุ่มรับรสรูปเห็ด หรือรูปหมวก เป็นเซลล์ขนาดเล็กที่สุด มีสีแดงเป็นจุดกระจายอยู่ด้านหน้าในระยยะ 2 ใน 3 ของลิ้น ดังรูป 8.23 (A) และในแต่ละเซลล์ประกอบด้วยต่อมรับรสประมาณ 1- 8 ต่อม นอกจากนี้ยังพบว่าคิดเป็นเพียงร้อยละ 45-50 ของจำนวนเซลล์ปุ่มรับรสเท่านั้นที่จะมีต่อมรับรส (taste bud) ที่ไวต่อ “รสหวาน” “รสเปรี้ยว” และ “รสเค็ม” เรียงตามลำดับจากปลายลิ้น และข้างลิ้น

ข. เซลล์ปุ่มรับรสรูปตัววีคว่ำ (Circumvallate papillae cells) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างคล้ายกับเซลล์รูปเห็ดหรือหมวก (fungiform) ในข้อ ก ซึ่งมีร่องลึกและขนาดใหญ่กว่า เรียงตัวอยู่บริเวณลิ้นด้านหลัง (โคนลิ้น) ในระยยะ 1 ใน 3 ของลิ้น (รูปที่ 8.23 (C) เป็นเซลล์ที่มีจำนวนไม่มาก มีต่อมรับ “รสขม” และมีจำนวนต่อมรับรสอยู่หลายต่อม เซลล์ปุ่มรับรสถูกล้อมรอบด้วยกลุ่มใยประสาทขนาดใหญ่กว่าของเซลล์ fungiform ในลักษณะเหมือนแอ่งหรือช่อง (moat) ดังนั้น เมื่อสารให้รสขมสัมผัสเซลล์นี้จะถูกกักไว้ในบริเวณแอ่งรอบเซลล์ และรู้สึกได้ว่ารสขมอยู่ที่โคนลิ้นนาน



รูปที่ 8.23 รูปร่างของเซลล์ปุ่มรับรส (taste papillae cells) และการกระจายของรสพื้นฐาน (หวาน เค็ม เปรี้ยว ขม)

A = Fungiform papilla, B = Foliate papilla, C = Vallate papilla, D = Filiform papilla
E = Single taste bud (onion)



ค. เซลล์ปุ่มรับรสรูปคลื่น (Foliate papillae cells) เซลล์ปุ่มรับรสรูปคลื่น หรือรูปหยักคล้ายใบไม้ (รูปที่ 8.23 (B)) พบอยู่บริเวณด้านข้างลิ้นทั้ง 2 ด้าน และค่อนข้างไปทางโคนลิ้นทั้ง 2 ด้าน และค่อนข้างไปทางโคนลิ้น มีต่อมรับรสที่ไวต่อ “รสเปรี้ยวและรสขม” นอกจากนี้ยังพบว่าเซลล์ปุ่มรับรสรูปคลื่นนี้ยังกระจายอยู่บริเวณผิวลิ้นด้านข้าง (dorsal surface) ด้วย แต่ไม่มีต่อมรับรส

ง. เซลล์ปุ่มรับรสรูปกรวยสวย (Filiform papillae cells) เป็นเซลล์ปุ่มรับรสรูปเดี่ยวที่ไม่พบต่อมรับรส ลักษณะปุ่มรับรสรูปนี้มีลักษณะปลาย 2 แฉกแหลมคล้ายรูปกระสวย รูปที่ 8.23 (D) กระจายอยู่บริเวณกลางลิ้น ช่วยเพิ่มความสาก ทำให้ลิ้นสามารถจับอาหารและสัมผัสอาหารได้แน่นช่วยเพิ่มการรับรู้ของประสาทสัมผัสด้านความละเอียด ความหยาบ ความชื้นเหลวของอาหาร

3.4.2 สัณฐานวิทยาของต่อมรับรส (Morphology of bud)

ต่อมรับรส (taste bud) มีรูปคล้ายหัวหอม (taste “onion”) ตามรูปที่ 8.23 (E) ภายในต่อมรับรสประกอบด้วยเซลล์รส (taste cells / gustatory cells) จำนวนประมาณ 50-100 เซลล์ ในเซลล์รสมีตัวรับรส (taste receptor) ที่ไวต่อรสพื้นฐาน ด้านบนของต่อมรับรสรูปหัวหอมมีปลายเปิดรับรส (taste pit) มี ขน หรือเซลล์ขนขนาดเล็กยื่นออกมา เรียก microvilli หรือ gustatory hair ทำหน้าที่จับสารให้รสที่ละลายมากับน้ำลาย แล้วจึงส่งสัญญาณผ่านทางเส้นประสาท (nerve) เพื่อรายงานรสที่รับรู้ของต่อมรับรส

จำนวนต่อมรับรสที่อยู่ในเซลล์ปุ่มรับรสรูปร่างต่างๆ พบว่ามีจำนวนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเพศ วัย และอายุการใช้งาน ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 8.12

ตารางที่ 8.12 จำนวนต่อมรับรส (taste bud) ในเซลล์ปุ่มรับรสพื้นฐาน (papillae cells) ของผู้ใหญ่

ชนิดเซลล์ปุ่มรับรส	จำนวนเซลล์ปุ่มรับรส	จำนวนต่อมรับรสต่อเซลล์ปุ่มรับรส	จำนวนต่อมรับรสทั้งหมด
Circumvallate vallate	8 – 12 (7 – 14)	100 – 200	1,000 – 1,500
Foliate	15 – 20	10	150 – 200
Fungiform	100	0 – 4	300 – 400
Filiform	1,000	ไม่พบ	ไม่พบ

6.5 ระบบการได้ยินเสียง (Hearing sensation / sound emission)

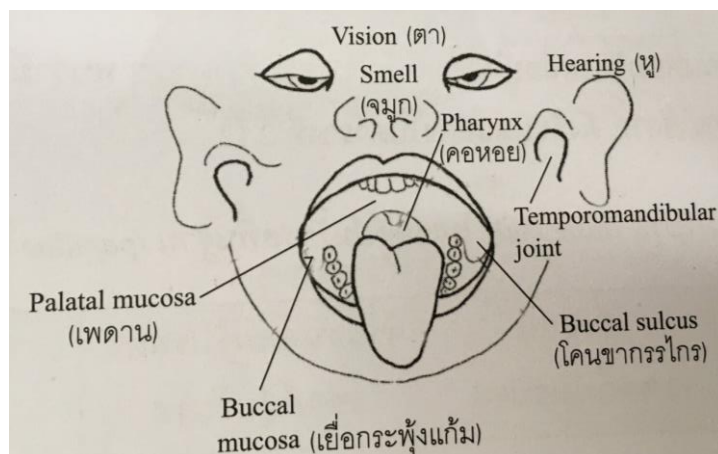
ระบบการได้ยินเสียง หรือระบบการฟังเสียง โดยใช้หู ซึ่งจัดเป็นการใช้ประสาทสัมผัสเพื่อวิเคราะห์ระดับเสียง ลักษณะเสียง เชื่อมโยงกับลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารประเภท ร่วน กรอบ เปราะ ที่ลักษณะเสียง ความดังที่วัดในรูปความถี่ที่มนุษย์ได้ยินเสียงภายใน และภายนอก การใช้หูฟังเสียงจะเป็นส่วนเสริมการใช้ฟันกัดเคี้ยวอาหารในการรับรู้ความกรอบ ร่วน ของอาหาร

6.6 ความเชื่อมโยงของการรับรู้ (Interaction perception)

จากการพิจารณาลักษณะการรับรู้ของมนุษย์จากประสาทสัมผัสทั้งหมดแล้ว สรุปได้ในรูปที่ 8.24

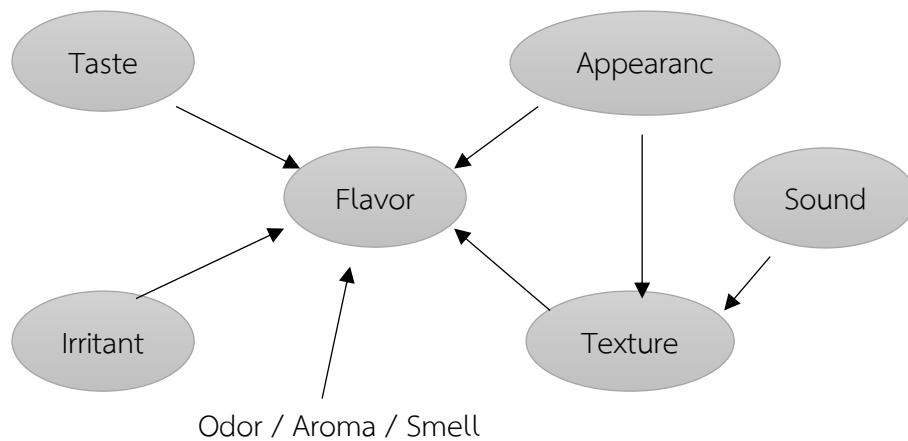
Human Sense	→	Food Characteristics
° Vision	→	° Appearance (Color และ Texture)
° Gustation	→	° Taste
° Olfaction	→	° Odor / Smell / Aroma
° Trigeminal	→	° Irritant
° Touch / Skin	→	° Texture / Viscosity

} Flavor



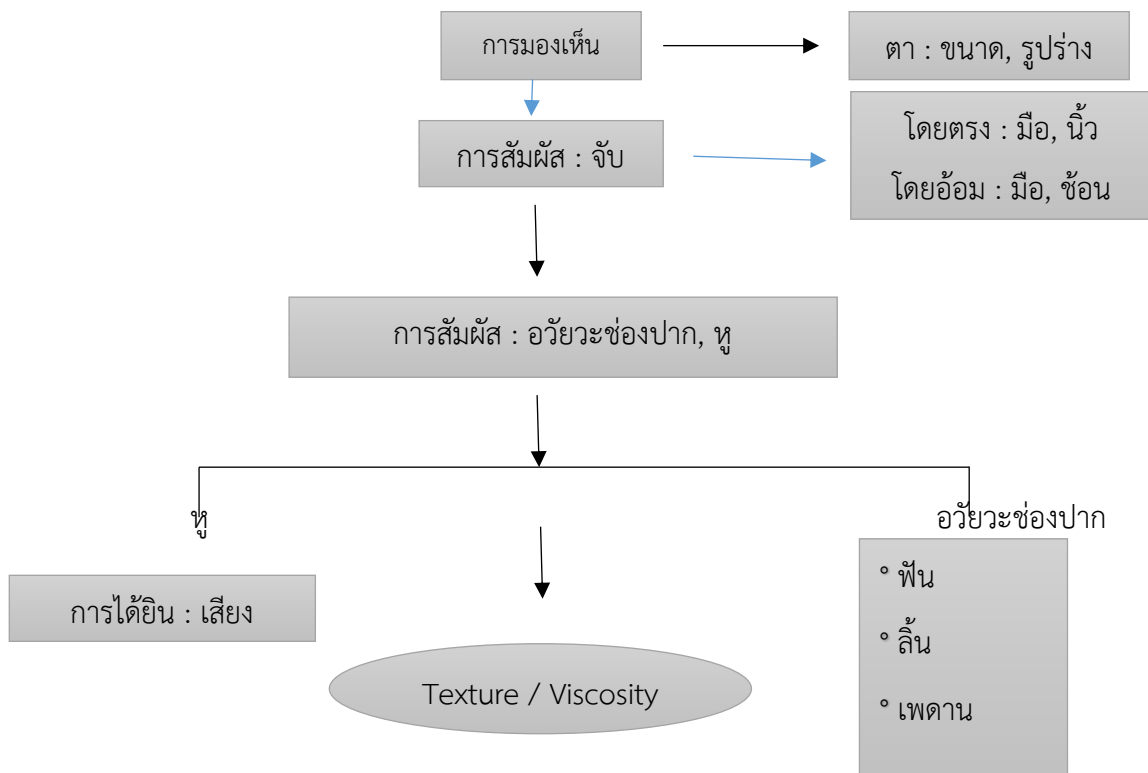
รูปที่ 8.24 ประสาทสัมผัสของมนุษย์ ตา หู จมูก ปาก ลิ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า ระบบประสาทสัมผัสของมนุษย์มีความเชื่อมโยงกัน จนกระทั่งคำตัดสินของประสาทสัมผัสออกมาเป็นลักษณะเฉพาะของอาหาร ดังอธิบายได้ในรูปที่ 8.25



รูปที่ 8.25 ความเชื่อมโยงของลักษณะเฉพาะของอาหาร

เพื่อที่จะขยายผลของความเชื่อมโยงของลักษณะเฉพาะของอาหาร ขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) สามารถวิเคราะห์ผ่านระบบประสาทสัมผัสตั้งแต่ระบบการเห็น (vision) ระบบการสัมผัส (touch / tactile) ระบบการได้ยิน และระบบการเคี้ยวด้วยฟัน เหงือก เพดาน ลิ้น ดังแผนภูมิรูปที่ 8.26



รูปที่ 8.26 การรับรู้ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) จากความเชื่อมโยงของระบบประสาทสัมผัส (interaction of human sense)

7. ระบบการเริ่มรับรู้ (รส) (Taste threshold perception)

มนุษย์มีความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (stimuli) ได้ต่างกัน ผลจากการตอบสนองนี้มนุษย์พัฒนามาเป็นการรับรู้ (perception) หรือการเริ่มรับรู้รส กลิ่น เรียกในเทอมทั่วไปว่า การเริ่มรับรู้รส กลิ่น (taste, aroma threshold) เรียกสั้นๆว่า “threshold) และมักจะหมายถึงการเริ่มรับรู้รสพื้นฐาน (basic taste threshold) และกลิ่น (ดูในภาคผนวก 1) มากกว่าลักษณะเฉพาะอื่นๆ ของอาหารและจากเทคนิคการวัดค่าดังกล่าวสามารถนำไปใช้กับการเริ่มรับรู้ลักษณะอื่นๆได้ เช่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ได้เช่นกัน ซึ่งรวมเป็นการประเมินความไวต่อการรับรู้ลักษณะเฉพาะ (attribute sensitivity perception) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

7.1 ระดับการเริ่มรับรู้ และระดับเริ่มรับรู้รส (Absolute and Identification threshold)

ระดับของการเริ่มรับรู้ และการรับรู้มากขึ้นจนถึงระดับระบุประเภทรสได้มีรายละเอียดดังนี้

7.1.1 ระดับเริ่มรับรู้ (แท้) (Absolute threshold/ Stimulus threshold/ Detection threshold) หมายถึง ระดับความเข้มข้นของสารให้รส (taste stimulant) ต่ำสุดที่ผู้ทดสอบรับรู้ได้ว่าแตกต่างไปจากน้ำกลั่น กล่าวคือ มีรส แต่สามารถระบุว่าเป็นรสอะไร และระดับความเข้มข้นของสารให้รสนี้มีหน่วยเป็น ร้อยละ โมลาร์ (M) พีพีเอ็ม (ppm) เรียกว่า ระดับเริ่มรับรู้ (threshold level/ detection threshold level/ stimulus threshold level) ของผู้ทดสอบคนนั้นต่อรสนั้น

7.1.2 ระดับการรับรู้สูงขึ้น หรือระดับเริ่มระบุรส (Taste recognition threshold/ Identification threshold) หมายถึง ระดับความเข้มข้นของสารให้รสต่ำสุดที่ผู้ทดสอบรับรู้ว่ามีรสเฉพาะ เช่น รสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว รสขม รสอูมามิ ค่าระดับความเข้มข้นของ Identification threshold สูงกว่า Absolute threshold

7.1.3 ระดับการรับรู้รสสุดท้าย (Tase terminal threshold) หมายถึง ระดับความเข้มข้นของสารให้รสสูงสุดที่ผู้ทดสอบรับรู้ว่าระดับความเข้มข้นของรสนั้นไม่สูงอีกแล้ว เช่น ค่า sweetness terminal threshold ของน้ำตาลทรายอยู่ที่ 0.02 M หมายความว่า ที่ความเข้มข้นเกินกว่า 0.02 M ระดับความหวานยังรับรู้ได้ว่าเท่ากับ 0.02 M

7.1.4 ระดับแตกต่างของค่าเริ่มรับรู้รส (Difference threshold) หมายถึง ระดับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารให้รสที่ทำให้รับรู้ระดับความเข้มข้นของรสที่เปลี่ยนไป 1 หน่วย เช่น สมมุติค่า Difference threshold ของรสหวานอยู่ที่ 2% มีผลให้ความรู้สึกต่อรสหวานเพิ่ม 1 หน่วย เรียกหน่วยของการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกนี้ว่า JND (Just Noticeable Difference) กรณีนี้ใช้ได้ทั้งการลด และการเพิ่มความรู้สึกการรับรู้รส