# การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร

**เรียบเรียงโดย ดร.ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ[1]**

ลักษณะทางเนื้อสัมผัสในอาหารเป็นผลประกอบกันของคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ ซึ่งรวมไปถึง ขนาดรูปร่าง จำนวน และการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของสารนั้นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างธรรมชาติเริ่มต้นของสาร ดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภค และจากคุณสมบัติดังกล่าวนี้จะนำไปสู่การคิดค้นวิธีการประเมินโดยการใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีการนำคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสมาประยุกต์หรือดัดแปลงให้อยู่ในรูปของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัสที่มีความสะดวกสบายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือที่มีราคาสูงและอาจจะใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพได้บางลักษณะเท่านั้น ทำให้ยากที่จะพิจารณาลักษณะทางกายภาพหลายอย่างรวมกันในระยะเวลาเดียวกันได้ ด้วยเหตุนี้วิธีการวัดเนื้อสัมผัสแบบทางอ้อมหรือการวัดด้วยประสาทสัมผัสจึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และเนื่องจากในปัจจุบันผลของการวัดทางประสาทสัมผัสมีการพรรณาความหมายออกมาได้เข้าใจมากขึ้น [1, 2] ดังนั้นการนำค่าที่วัดด้วยประสาทสัมผัสมาเชื่อมโยงกับหลักการและค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือก็จะสามารถช่วยยืนยันความแม่นยำและชัดเจนของข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น

## ◈ ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหาร

เนื้อสัมผัสอาหารใช้เป็นตัวชี้ถึงลักษณะของส่วนประกอบและโครงสร้างภายในอาหาร ซึ่งอธิบายหรือแสดงผลออกมาในรูปแบบของพฤติกรรมการไหลหรือการสูญเสียรูปร่างของอาหารจากแรงกลจากการบดเคี้ยว หรือการกดทับของแรงจากเครื่องมือ [3] ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหารสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ใช้ประเมินแรงต้านทานของผลิตภัณฑ์ต่อแรงทางกลที่มากระทำ เช่นกระบวนการในระหว่างการเก็บเกี่ยว
2. ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติของการไหลของผลิตภัณฑ์อาหารในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา
3. ใช้เป็นตัวแทนในการกำหนดพฤติกรรมในการเคี้ยวอาหารของผู้บริโภค

## ◈ การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ประเมินหรือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสมีลักษณะเฉพาะซึ่งขึ้นกับวิธีการวัดคุณสมบัติทางกายภาพในสารหรือวัสดุนั้นๆ Bourne [4] แบ่งวิธีการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

### 1) วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (Fundamental measurement)

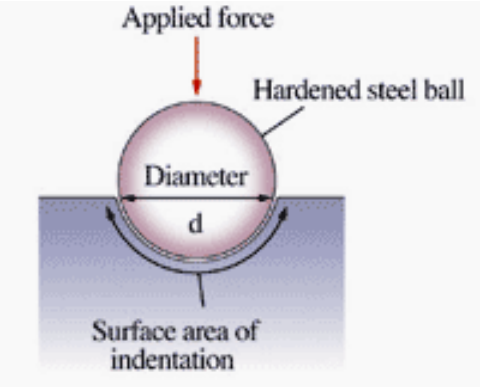
เป็นวิธีการที่พัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร ซึ่งบ่อยครั้งพบว่าข้อมูลที่ได้ไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินความรู้สึกของมนุษย์ในด้านเนื้อสัมผัสขณะเคี้ยวได้ ข้อดีของวิธีการนี้คือสามารถอธิบายค่าที่วัดได้ในเชิงวัสดุศาสตร์ ส่วนข้อเสียคือค่าที่วัดได้ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าทางประสาทสัมผัส เครื่องมือมีราคาแพงและใช้เวลาในการวัดค่านาน วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับค่าแรงที่มากระทำต่อตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ แรงกดและแรงกดอัด (Compression-Extrusion) แรงดึง (Tensile) แรงตัดและ

tunyaporn_ku@yahoo.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

แรงเฉือน (Cutting and shearing) เป็นต้น โดยค่าแรงที่กระทำต่อตัวอย่างได้มาจากแรงที่หัววัดกระทำต่อตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ (ภาพที่ 1) ในขณะที่ในตัวอย่างก็จะเกิดแรงต้านต่อแรงที่มากระทำ เพื่อพยายามรักษาสมดุลรูปร่างของตัวอย่างให้คงรูปเดิม [5]



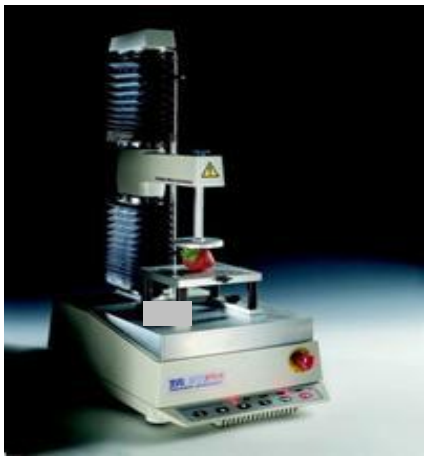

ภาพที่ 1 ลักษณะแรงกดที่กระทำต่อตัวอย่าง
ที่มา : [6]

**2) วิธีการวัดค่าแบบประยุกต์ (Empirical measurement)**

เป็นวิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัสที่ถูกออกแบบโดยนักประดิษฐ์ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานที่นำไปใช้ โดยเฉพาะงานควบคุมคุณภาพและแบ่งระดับชั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม ข้อดีของวิธีการนี้คือ เครื่องมือใช้งานง่าย มีความรวดเร็วในการวัด และค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับการวัดค่าทางประสาทสัมผัส ส่วนข้อเสียคือไม่สามารถอธิบายหลักการของค่าที่วัดได้บนพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นการวัดค่าได้เพียงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่ง อีกทั้งวิธีการวัดค่ายังขึ้นอยู่กับผู้วัดและไม่มีวิธีการวัดที่ได้มาตรฐานแน่นอน โดยทั่วไปจะวัดค่าที่จุดใดจุดหนึ่งจึงไม่สามารถให้ข้อมูลที่ต่อเนื่องได้ ตัวอย่างเครื่องมือวัดค่าแบบประยุกต์ได้แก่ Fruit pressure tester, Bloom gelometer, Penetrometer เป็นต้น

**3) วิธีการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (Imitative measurement)**

วิธีการนี้จะออกแบบเครื่องมือให้มีหลักการทำงานคล้ายกับการเคี้ยวของมนุษย์ โดยเป็นเครื่องมือแบบเดียวกันกับวิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ที่สามารถหาค่าแรงกับระยะทาง หรือความเค้นกับความเครียดได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าด้วยวิธีการนี้ได้แก่ Texture Analysis (ภาพที่ 2), Instron, Lloyd เป็นต้น



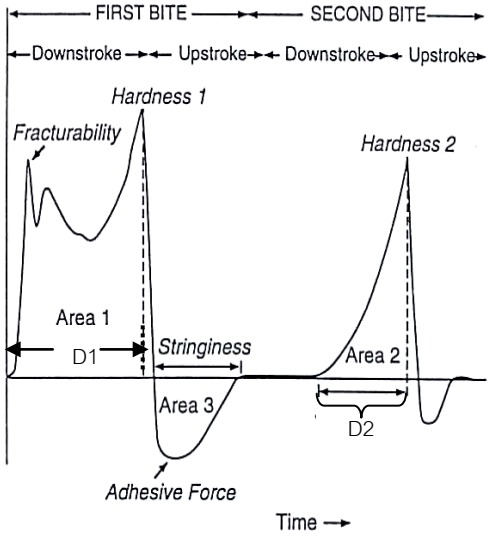
ภาพที่ 2 Texture Analyzer
ที่มา : [7]

**◈ ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture Profile Analysis) ด้วยเครื่องมือทำได้อย่างไร**

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis โดยใช้เครื่องมือนั้นจะคล้ายกับการทำ Texture Profile ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส กล่าวคือจะมีการพรรณนาคำศัพท์เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร โดย Texture Profile Analysis จะเป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่เปลี่ยนแปลง

tunyaporn_ku@yahoo.com
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

ไปเมื่อมีแรงมากระทำ *หลักการพื้นฐาน* เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีการออกแบบการเคี้ยวภายในปาก [8] ซึ่งลักษณะของ Texture Profile ที่ได้จากการใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับตัวอย่างต่อเวลา ผ่านการกดของหัววัด 2 ครั้ง ดังภาพที่ 3 โดยความสูงของกราฟคือแรงกดที่กระทำในแต่ละครั้ง ซึ่งจะแสดงค่าความแข็งของตัวอย่าง (Hardness) นอกจากนี้กราฟที่ได้ยังแสดงถึงแรงกดที่กระทำครั้งแรกซึ่งทำให้เกิดการแตกหักหรือเสียรูปของชิ้นงาน (Fracturability), ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก (Cohesiveness), อัตราการคืนรูปของวัสดุหลังจากถูกกด (Springiness), แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งแข็งจนกระทั่งเสียรูป (Gumminess), แรงที่ใช้ในการบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป (Chewiness) และงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุ (Adhesiveness)




ภาพที่ 3 กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis
ที่มา: [3]

จากคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น สามารถคำนวณหาค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ได้ดังนี้

**Cohesiveness** = Area 2 / Area 1

**Springiness** = Distance 2 / Distance 1

**Gumminess** = Hardness1xCohesiveness

**Chewiness** = Gumminess x springiness

## ◈ การประเมินค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร

การวัดค่าแรงกด (Uniaxial compression)

เป็นวิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ [9] ซึ่งจะให้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับค่าทางกล เช่น เจลแป้งที่มีลักษณะแข็งขึ้นแสดงถึงการเกิดการคืนตัวของแป้งหรือการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง [10] วิธีการวัดค่าแรงกดเป็นวิธีที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังและขนมมัฟฟิน นอกจากนี้ยังใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและความเครียด ซึ่งสามารถอธิบายรูปแบบความสัมพันธ์นี้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวัดค่าแรงกดสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการกดหลายๆ ครั้งได้ ตัวอย่างเช่นค่าแรงกดในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายโฟมหรือฟองน้ำจะมีลักษณะความสัมพันธ์แบบ Sigmoid curve และลักษณะเช่นนี้จะหายไปเมื่อทำการกดในครั้งที่ 2 หรือครั้งต่อๆ ไป นอกจากนี้การวัดค่าแรงกดยังเหมาะกับการศึกษาการเกิดรีโทรเกรเดชันของขนมปังในระหว่างการเก็บรักษา [11]

การวัดค่าระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม (Degree of elasticity)

Elasticity หมายถึง ความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม หลังจากที่ตัวอย่างถูกกดหรือทำให้ผิดรูปร่าง (Deformation) ระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม (Degree of elasticity) หาได้จาก

tunyaporn_ku@yahoo.com
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

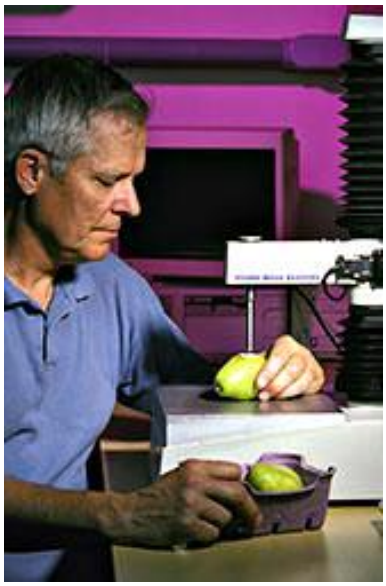
อัตราส่วนระหว่างการคืนตัวและปริมาณการเสียรูปทั้งหมดที่เกิดจากการกด [4] หรืออยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ดังสมการที่ 1

$$\text{Degree of elasticity} = \frac{\text{Recoverable deformation} \times 100}{\text{Total deformation}} \quad \text{.....(1)}$$

ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์จากการวัดค่าระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม ได้แก่ การศึกษาการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของบัทเทอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ [12] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมของอาหารอีกหลายชนิด ได้แก่ กล้วย เนยแข็ง ไส้กรอก เจลลี่ แมสเมลโล และมันฝรั่ง ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่ม Elastic จะมีค่างานที่เกิดจากการคืนตัวกลับอยู่ในช่วงร้อยละ 60-80 ในขณะที่วัสดุที่จัดอยู่ในกลุ่ม Plastic จะมีค่างานที่เกิดจากการคืนตัวกลับอยู่ในช่วงร้อยละ 20-50 [13]

การวัดค่าโดยใช้แรงดึง (Tensile test)

การวัดค่าโดยใช้แรงดึงไม่นิยมนำมาใช้วัดค่าเนื้อสัมผัสของอาหาร เนื่องจากกระบวนการเคี้ยวประกอบด้วยแรงกดระหว่างฟัน สำหรับการวัดโดยใช้แรงดึงนั้นจะสมมุติว่าตัวอย่างจะเกิดรอยแยกทันที โดยตัวอย่างจะถูกดึงในแนวตั้ง อาหารบางประเภทอาจไม่ขาด (แตกหัก) ทันทีที่ถูกดึง แต่การขาดหรือการแตกหักจะเริ่มจากรอยแตกเล็กๆ หลังจากนั้นรอยแตกจะขยายขึ้นอย่างช้าๆ โดยรอยแตกที่เกิดขึ้นนั้นอาจจะตั้งฉากหรือไม่ตั้งฉากกับแรงดึงก็ได้ ปัญหาหนึ่งที่พบในการวัดค่าแรงดึงคือการยึดตัวอย่าง อาหารหลายชนิดมักจะไม่อยู่ติดกับตัวหนีบหรือที่ยึดตัวอย่าง (Jaw) ปัญหานี้จึงถูกแก้ไขโดยการตัดตัวอย่างให้เป็นรูปดัมเบล และยึดส่วนที่กว้างเอาไว้ ตัวอย่างจึงมีแนวโน้มที่จะแตกหักหรือขาดตรงส่วนที่แคบตรงกลางตัวอย่าง [5] เช่น การวัดค่าแรงดึงและการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทย หรือเส้นพาสต้า เป็นต้น



**◈ ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile**

Szczesniak [14] ได้พัฒนาวิธี Texture profile ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่นอกเหนือจากการวิเคราะห์กลิ่น สี และรส แต่จะวิเคราะห์ลักษณะที่มองเห็น ความรู้สึกในปาก และลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปากจะมีลำดับดังนี้

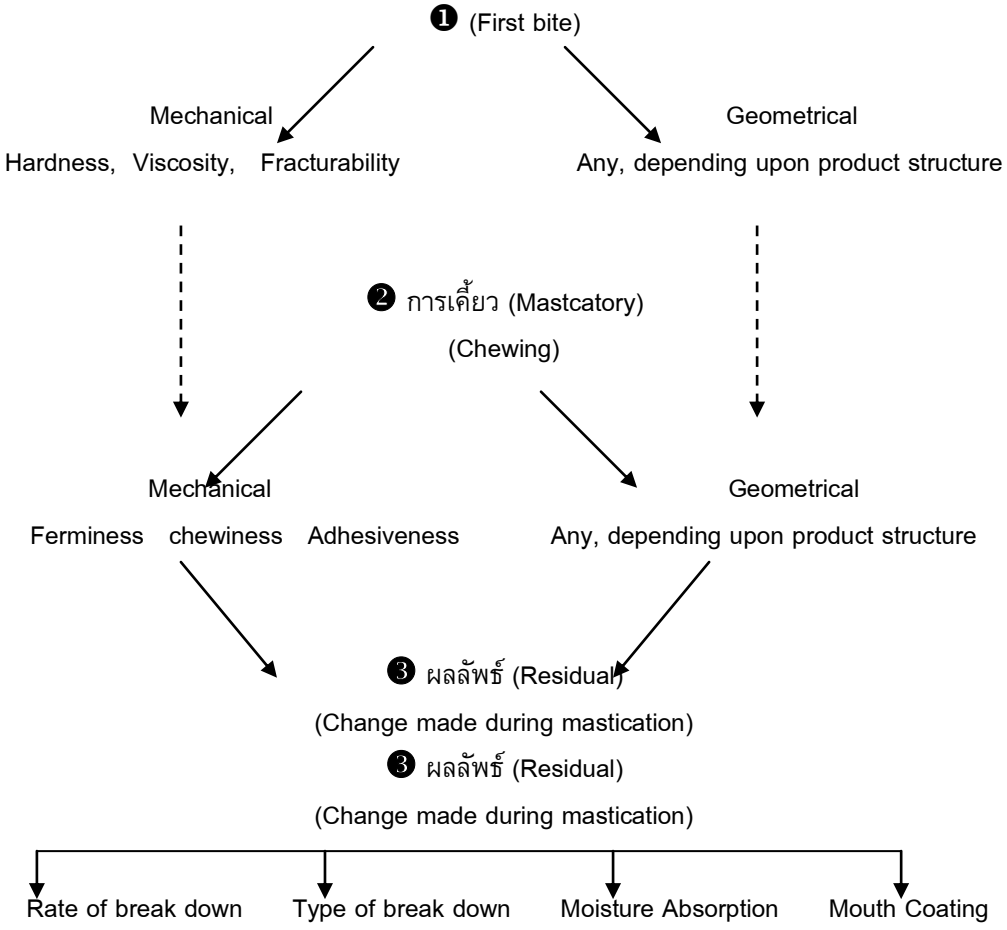
❶ ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก (Initial or first bite) ความรู้สึกช่วงนี้เป็นช่วงที่รวมลักษณะทางกลของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นกับลักษณะโครงสร้าง เช่น ความแข็ง การแตกหัก และความหนืด เป็นต้น

❷ ความรู้สึกขณะเคี้ยว (Mastication or Chewing) เป็นความรู้สึกรวมที่เกิดขึ้นจากลักษณะทางกล ของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งลักษณะทางกลขณะกำลังเคี้ยว เช่น ความเหนียว ความนุ่ม เป็นต้น

❸ ความรู้สึกหลังจากเคี้ยว (Residual phase) เป็นความรู้สึกที่พบหลังจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกลหลังจากถูกเคี้ยว เช่น การดูดซับความชื้น ความเลื่อนมัน เป็นต้น

โดยสามารถสรุปลำดับการเกิดความรู้สึกตามลำดับได้ดังภาพที่ 4

tunyaporn_ku@yahoo.com
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University




ภาพที่ 4 ลำดับการเกิดความรู้สึกเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสในปาก
ที่มา: [15]

ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสในเชิงคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis (TPA) แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจากความหมายที่พรรณา ทำให้สามารถใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสแทนการวัดค่าด้วยเครื่องมือได้

tunyaporn_ku@yahoo.com
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

ตารางที่ 1 ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ในเชิงคุณภาพทางกายภาพจากการทำ Texture Profile Analysis และในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

| คุณลักษณะ | คุณภาพทางกายภาพ | คุณภาพทางประสาทสัมผัส |
|---|---|---|
| Hardness (ความแข็ง) | แรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป | แรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างระหว่างฟันกรามเพื่อเปลี่ยนรูปร่างตัวอย่าง |
| Cohesiveness (ความสามารถเกาะรวมตัวกัน) | ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก | ความแข็งแกร่งของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากระทำก่อนที่ตัวอย่างจะขาดหรือแยกออกจากกัน |
| Springiness (ความยืดหยุ่น) | อัตราของการคืนรูปของวัสดุหลังจากการถูกกด | ระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่าง |
| Adhesiveness (ความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ) | งานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุอื่นที่ตัวอย่างสัมผัสอยู่ | แรงที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายตัวอย่างที่ติดอยู่ในปาก (โดยปกติคือเพดานปาก) ในระหว่างกระบวนการเคี้ยว |
| Fracturability (การแตกหัก) | แรงที่ทำให้ตัวอย่างแตกหัก โดยเป็นตัวอย่างที่มี Hardness สูงและมี Cohesiveness ต่ำ | แรงกดทันทีทันใดในแนวดิ่งที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการแตกหักเป็นชิ้น ๆ และกระจายออกในแนวราบ |
| Chewiness (การทนต่อการเคี้ยว) | แรงที่ใช้ในการเคี้ยวหรือบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป โดยเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะผสมของ Hardness Cohesiveness และ Springiness | ระยะเวลานานที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ |
| Gumminess (ความเหนียวเป็นยางหรือกาว) | แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งเสียรูป โดยเป็นตัวอย่างที่มี Hardness ต่ำ และมี Cohesiveness สูง | พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ |

ที่มา: [16]

ในขั้นตอนของการประเมินทางประสาทสัมผัสจะมีสเกลมาตรฐานที่ใช้ตัวอย่างเป็นตัวแทนในการวัดค่า Texture profile analysis (TPA) ควบคู่ไปด้วย โดยจะอาศัยความสัมพันธ์ของค่าที่ทดสอบในรูปแบบของค่าความชอบจากการประเมินด้วยสเกลความพอใจหรือ hedonic scale ซึ่งมีหลายระดับ [17] แต่นิยมใช้ระดับ 9 คะแนน โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุดและ 9 คือชอบมากที่สุด สำหรับตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 2

tunyaporn_ku@yahoo.com
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

ตารางที่ 2 คุณลักษณะต่างๆ และตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ตัวอย่างในการประเมินทางประสาทสัมผัส

| Texture attributes | Intensity range given by food products |
|---|---|
| Hardness | Cream cheese (1) ·····▶ Rock candy (9) |
| Brittleness | Corn muffin (1) ·····▶ Peanut brittle (7) |
| Chewiness | Rye bread (1) ·····▶ Tootsie rolls (7) |
| Gumminess | 40% Flour paste (1) ·····▶ 60% Flour paste (5) |
| Adhesiveness | Hydrogenated vegetable Oil (1) ·····▶ Peanut butter (5) |
| Viscosity | Water (1) ·····▶ Condensed milk (8) |

ที่มา : ดัดแปลงจาก Szczesniak [14]

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พรรณาความรู้สึกจากการเคี้ยว การบด การดึง และการกลืน สามารถใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับการวัดค่าด้วยเครื่องมือ และมีความถูกต้องแม่นยำในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามผู้ประเมินยังต้องผ่านการฝึกฝนหรือเรียนรู้ก่อน เพื่อให้เกิดความชำนาญหรือแม่นยำ ซึ่งทำให้สามารถลดการใช้เครื่องมือวัดที่มีข้อจำกัดของการวัด และมีราคาแพงลงได้

**เอกสารอ้างอิง**


[1] Lawless, H.T. and Heymann, H. 1998. Sensory Evaluation of Food Principles and Practices. Chapman & Hall. Maryland. New York. 819 p.

[2] Lewis, M.J. 1990. Physical Properties of Foods and Food Processing Systems. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. England. 465 p.

[3] Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology, 32: 62-66.

[4] Bourne, M.C.1982. Food Texture and Viscosity. Concept and measurement. New York. Academic Press. 352 p.

[5] ธงชัย สุวรรณสิชณน์, วิชัย หฤทัยธนาสันต์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ พจนีย์ พงศ์พงัน. 2544. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายไอโซเทอร์มการดูดซับความชื้นของฟลาวข้าวชนิดต่างๆ. 515-521 น. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 39 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.



tunyaporn_ku@yahoo.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

[6] http://www.schoolscience.co.uk/.../steelch4pg 3 .html

[7] http://www.stablemicrosystems.com/tarange.gif

[8] Friedman, H.H., Whitney, J.E. and Szczesniak, A.S. 1963. The Texturometer-a new instrument for objective texture measurement. J. of Food Sci. 28:390-396.

[9] Jankowski, T. and Rha, C.K. 1986. Retrogradation of starch in cooked wheat. Starch/Starke 38: 6-9.

[10] Jankowski, T. 1992. Influence of starch retrogradation on the texture of cooked potato tuber. International Journal of Food Science and Technology 27: 637-642.

[11] Karim, A.A., Norziah, M.H. and Seow, C.C. 2000. Methods for the study of starch retrogradation. Food Chemistry. 71: 9-36.

[12] อุศมา สุนทรนฤรังษี. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บัทเทอร์เค้กจากข้าวหอมมะลิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[13] Kaletunc, G., Normand., M.D., Johnson, E.A. and Peleg, M. 1991. Degree of elasticity andDetermination in solid foods. J. of Food Sci. 56: 950-953.

[14] Szczesniak, A.S. 1963a. Classification of textural characteristics. J of Food Sci. 28: 385-389.

[15] Meilguard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1987. Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, Inc., Florida. 387 p.

[16] Civille, G.V. and Szczesniak, S. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. J. Texture Stud. 4: 204-223.

[17] Pearce, J.H., Korth, B. and Warren, C.B. 1986. Evaluation of three scaling methods for hedonics. J. of Sensory Studies.1: 27-46.

tunyaporn_ku@yahoo.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University