

บทที่ 5

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ทราบความสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ
2. สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และทราบข้อมูลเค้าโครงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมองพอใจ
3. ทราบวิธีการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ และทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

บทที่ 5

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

5.1 ความสำคัญ

การผลิตผลิตภัณฑ์ในเชิงการค้าให้ประสบผลสำเร็จ ผู้ผลิตต้องมีแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายหลักคือการทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและต้องการของผู้บริโภค ตลอดอายุการเก็บและผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นควรสอดคล้องกับสภาพความเป็นไปของตลาดปัจจุบัน จึงจะทำให้สามารถจำหน่ายได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นหลังจากการจัดทำกรอบแนวคิดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ จากนั้นจึงนำสูตรและกระบวนการผลิตมาทดลองผลิต สำรวจความต้องการของผู้บริโภค และกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้ทราบลักษณะรูปแบบและรสชาติผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคพึงพอใจ รวมทั้งทราบพฤติกรรมกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยข้อมูลทั่วไปเหล่านี้จะทำให้ผู้ผลิตสามารถประเมินลักษณะของผู้บริโภคและความคิดเห็นด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนั้น ๆ ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการประกอบธุรกิจ

5.2 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (development of prototype product)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเป็นขั้นตอนที่เริ่มต้นใช้เครื่องมือและออกแบบการผลิต อาจเรียกขั้นตอนนี้ว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์ (product design) และการออกแบบกระบวนการผลิต (process design) โดยนักพัฒนาผลิตภัณฑ์จะดำเนินการผลิตและทำการทดสอบผลิตภัณฑ์เบื้องต้นให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตามต้องการ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้อาจมีเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ ทั้งนี้ปัจจัยที่ต้องพิจารณาได้แก่ รูปแบบผลิตภัณฑ์ (ซึ่งประกอบด้วยสูตร ส่วนผสม และบรรจุภัณฑ์) กระบวนการผลิตและเครื่องจักรรวมทั้งเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตงบประมาณในการดำเนินการ การควบคุมสถานะการผลิต การทดสอบและควบคุมคุณภาพวัตถุดิบให้มีความสอดคล้องสามารถนำผลการทดสอบไปปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค

5.2.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในด้านสูตรและกรรมวิธี

ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบด้านสูตรและกรรมวิธี (prototype development) นี้ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อจะนำไปขยายผลในเชิงพาณิชย์ต่อไป ดังนั้นจึงต้องการการตัดสินใจที่เชื่อถือได้ รวมทั้งประหยัดเวลาและทรัพยากรเพื่อที่จะได้ออกผลิตภัณฑ์ได้ตามที่กำหนด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะให้วิธีการทางสถิติหลายวิธีด้วยกัน เช่น สถิติพรรณนา แผนการทดลองของ Plackett and Burman เพื่อคัดเลือกปัจจัยขั้นต้นในการศึกษา การวางแผนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวน การเปรียบเทียบหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร บางวิธีสามารถนำไปใช้ได้เช่นเดียวกัน เช่น การวิเคราะห์การถดถอย

แบบพหุ รวมทั้งใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อหาผลิตภัณฑ์เหมาะสมทั้งสูตรและกรรมวิธี เช่น response surface methodology (RSM) evolutionary operation (EVOP) การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (fraction factorial experiment) การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) การทดลองแบบผสม (Mixture design)

5.2.2 เทคนิคในการพัฒนาสูตรและกรรมวิธี

นักพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถใช้เทคนิคทางสถิติและคณิตศาสตร์ในการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีได้หลายวิธี อย่างไรก็ตามในการวิจัยดังกล่าวมีข้อควรพิจารณาคือ

1. จำนวนตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา เช่น การศึกษา 2 ตัวแปร คือ ปริมาณน้ำและปริมาณแป้งในสูตรโดยกำหนดให้ปริมาณน้ำและแป้งรวมกันเป็นร้อยละ 100 ซึ่งนักวิจัยจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำและแป้งในสูตรจะเปลี่ยนแปลงไปพร้อม ๆ กัน น้ำและแป้งไม่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นสิ่งที่ศึกษาในกรณีนี้มีเพียงตัวแปรอิสระตัวเดียว ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งนั่นเอง ในกรณีที่เป็นการทดลองแบบผสม (Mixture design) ที่มี 3 องค์ประกอบ จะมีตัวแปรอิสระเพียง 2 ตัว ดังนั้นในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ควรระมัดระวัง

2. ส่วนประกอบในการพัฒนาสูตรมีหลักการคิดหน่วยเป็นอัตราส่วน เช่น 1:2 1:3 หรือเป็นสัดส่วน เช่น 10:20 10:30 หรือเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบเท่าน้ำหนักเปียกหรือแห้ง

3. ส่วนประกอบในการพัฒนาสูตรเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งต้องใช้ปริมาณที่มาก เช่น ตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป หรือเป็นส่วนประกอบที่ใช้น้อยแต่มีอิทธิพลสูง เช่น เครื่องปรุงกลิ่นรสต่าง ๆ ที่ใช้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 1 ในการพัฒนาสูตรควรแยกกันศึกษาระหว่างส่วนประกอบหลัก และส่วนประกอบที่ใช้ในปริมาณน้อย การศึกษาไปพร้อมกันอาจทำไม่ได้ในเทคนิคทางสถิติบางชนิด เช่น การใช้ RSM ในการทดลองแบบผสม (Mixture design) เนื่องจากทำให้พื้นที่ที่เป็นไปได้ (feasible area) สั้นเกะลำบาก เนื่องจากมีค่าที่น้อยเกินไป เช่น ศึกษาส่วนประกอบ A 90% B 9% C 1% จะเห็นว่าส่วนประกอบ C มีค่าน้อยเกินไปทำให้การสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) ทำได้ลำบากและไม่สามารถสังเกตได้

4. ในการพัฒนาสูตรนั้นจะทำไปพร้อมกับการพัฒนากรรมวิธี หรือทำแยกกันนั้น นักวิจัยต้องระมัดระวังและคำนึงถึงอันตรกิริยาระหว่างส่วนประกอบกับกรรมวิธีที่ใช้ ถ้าพบอันตรกิริยาหรือคิดว่ามีควรที่จะแยกศึกษาหรือใช้การจัดการทดลองที่สามารถศึกษาอันตรกิริยา เช่น การทดลองแบบแฟคทอเรียล เป็นต้น

5. ปริมาณของการทดลองในแต่ละครั้งควรทำในปริมาณเท่ากันและมากพอควรเพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

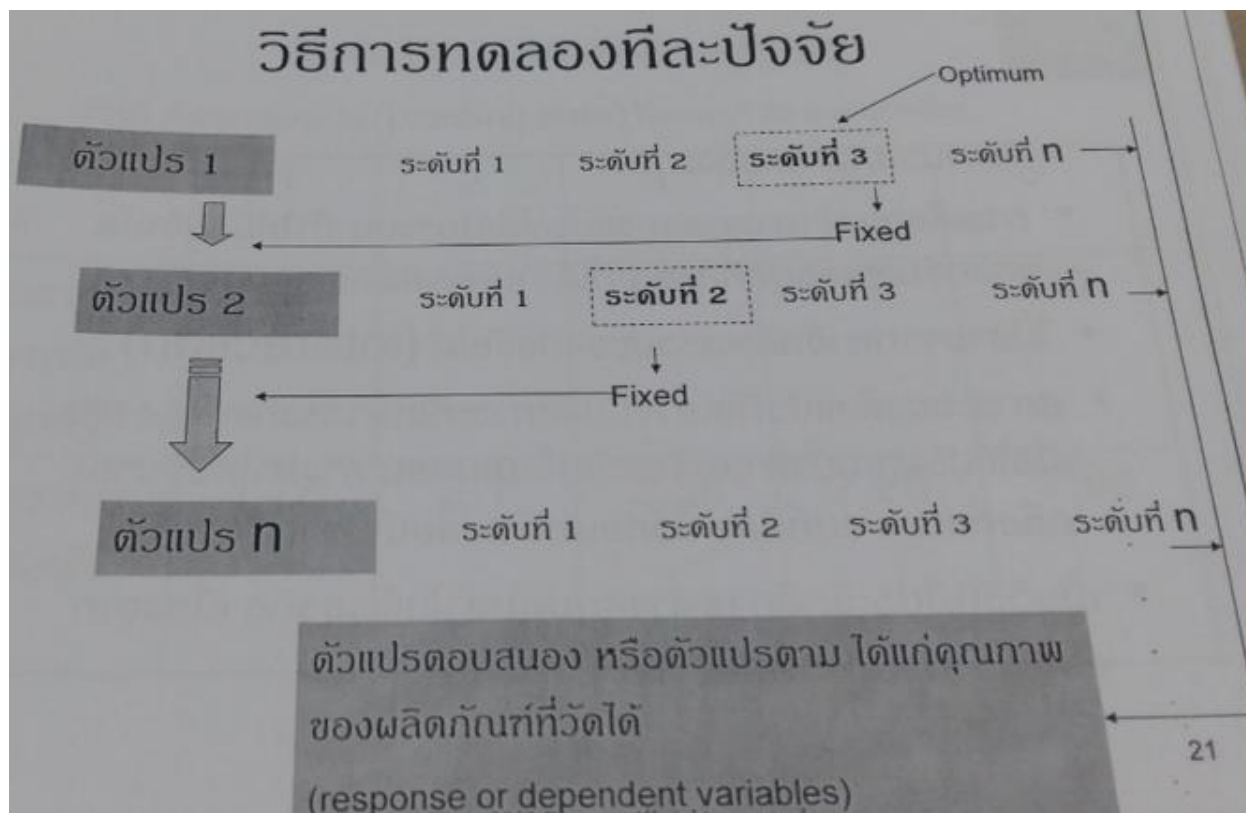
6. การคำนวณส่วนผสมในสูตรจะคิดเฉพาะของแข็ง หรือคำนวณรวมของแข็งกับของเหลวเข้าด้วยกัน เช่น การพัฒนาสูตรของเครื่องดื่มซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบ

7. สูตรการผลิตที่ส่วนการประกอบมีมาตราการดวงวัดเป็นถ้วยตวง หรือช้อนชา เพื่อให้่ายต่อการขยายปริมาณการผลิตควรแปลงหน่วยส่วนผสมทั้งหมดเป็นกรัม จากนั้นทำการหาน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วทำการแปลงส่วนผสมแต่ละตัวเป็นร้อยละ โดยส่วนผสมทั้งหมดมีน้ำหนักรวมเท่ากับร้อยละ 100

ในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคที่นิยมใช้ในการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีบางประเภทนอกเหนือจากการวางแผนการทดลองเบื้องต้น โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างต่างกัน ดังต่อไปนี้

5.2.2.1 วิธีการทดลองทีละปัจจัย (Single factor experiments)

วิธีการทดลองทีละปัจจัยเป็นวิธีแบบลองผิดลองถูก (Trial and error method) โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทีละตัว ที่ระดับต่าง ๆ โดยให้ตัวแปรที่เหลือคงที่ เช่น ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบขนมที่ระดับ 100 180 และ 200 องศาเซลเซียส เมื่อได้ระดับของตัวแปรที่เหมาะสมแล้วจึงไปศึกษาตัวแปรอื่น ๆ



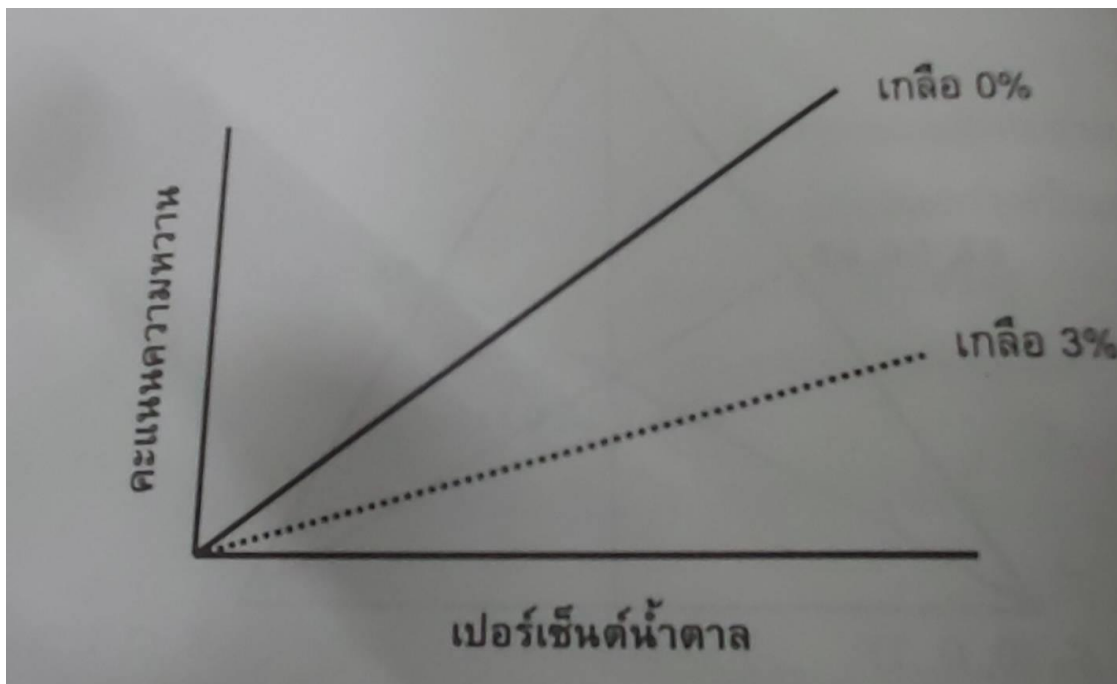
ในการทำงานเดียวกันทีละตัวแปร วิธีนี้ไม่สามารถหาอิทธิพลร่วมของปัจจัยได้ (interaction)

รูปที่ 5.1 วิธีการทดลองทีละปัจจัย

5.2.2.2 การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiments)

แฟคทอเรียลเป็นการจัดการทดลอง ไม่ใช่แผนการทดลอง เป็นการศึกษาอิทธิพลของปัจจัย หรือตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป เช่น อุณหภูมิ ความดัน พีเอช การจัดการทดลองแบบนี้ผู้ทดลองสามารถที่จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ (Factors) ได้ในเวลาเดียวกัน รวมทั้งสามารถศึกษาอันตรกิริยา (interaction) ของแต่ละปัจจัยมารวมกันได้ด้วย และจากแต่ละปัจจัยมารวมกันได้ด้วย เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารเคมี ตัวคะตะลิสต์ในกระบวนการทางเคมี เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกัน และมีอันตรกิริยากัน ภาพที่ 5.2 แสดงอันตรกิริยา

ระหว่างน้ำตาลและเกลือต่อคะแนนความหวานโดยที่เห็นว่าเมื่อน้ำตาลเพิ่มขึ้นคะแนนความหวานของตัวอย่างของตัวอย่างที่ใช้เกลือ 0% จะมีอัตราการตอบสนองที่มากกว่าตัวอย่างที่ใช้เกลือ 3% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีอันตรกิริยาระหว่างเกลือกับน้ำตาลในตัวอย่างต่อรสหวาน อย่างไรก็ตามการจัดการทดลองแบบนี้อาจไม่สามารถศึกษาแต่ละปัจจัยได้อย่างละเอียดถ้ามีปัจจัย และระดับต่าง ๆ มากเกินไป เพราะเกิดความแปรปรวนในวัตถุหรือวัสดุในการทดลองมาก ภายใต้การจัดการทดลองแบบนี้ ทุกๆระดับของแต่ละปัจจัยจะปรากฏพร้อมกันกับทุก ๆ ระดับของทุกปัจจัยอื่น ๆ สามารถที่จะจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียลได้หลาย ๆ แบบของการทดลอง เช่น CRD RCBD ลาตินสแควร์



รูปที่ 5.2 อันตรกิริยาระหว่างน้ำตาลและเกลือต่อคะแนนความชอบ

โดยทั่วไปการจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียลมักจะพยายามที่จะทำให้มี combination น้อยที่สุด คือ ให้มีแค่ 2 ระดับในแต่ละปัจจัย ดังนั้นจึงมักเขียนในรูป $t = 2^k$ โดยที่ k หมายถึง จำนวนปัจจัยที่ศึกษา

2^2 หมายถึง factorial ที่มีการศึกษา 2 ปัจจัย ๆ ละ 2 ระดับ ดังนั้น จำนวนสิ่งทดลอง = 4

2^3 หมายถึง factorial ที่มีการศึกษา 3 ปัจจัย ๆ ละ 2 ระดับ ดังนั้น จำนวนสิ่งทดลอง = 8

3^2 หมายถึง factorial ที่มีการศึกษา 2 ปัจจัย ๆ ละ 3 ระดับ ดังนั้น จำนวนสิ่งทดลอง = 9

ตัวอย่างเช่น การจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบ 2^2 ใน CRD และจัดสิ่งทดลองดังในตารางที่ 5.1

A_i = ระดับ i ของปัจจัย A

B_j = ระดับ j ของปัจจัย B

ตารางที่ 5.1 การจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^2 ใน CRD โดยที่ปัจจัย A = อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ A_1 , A_2 ปัจจัย B = ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ B_1 , B_2 มีสิ่งทดลองทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง

A/B	อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
ความเข้มข้น 50 ppm	$A_1B_1 = (1)$	$A_2B_1 = a$
ความเข้มข้น 100 ppm	$A_1B_2 = b$	$A_2B_2 = ab$

การใช้สัญลักษณ์ของสิ่งทดลองมีสองแบบ คือ

1. A_iB_j = สิ่งทดลองที่มีการทดลองที่ปัจจัย A ระดับ i และปัจจัย B ที่ระดับ j

หรือ 2. สิ่งทดลองไหนที่มีปัจจัยระดับสูงอยู่ให้ใช้อักษรตัวเล็กสำหรับสิ่งทดลองนั้น เช่น A_2B_1 ให้ใช้ a เพราะว่า มีระดับสูงของปัจจัย A อยู่ ถ้าเป็น A_2B_2 ให้ใช้ ab ที่ระดับต่ำสุดของทุกปัจจัยให้ใช้ (1) การใช้สัญลักษณ์แบบนี้ให้ใช้ในกรณีที่ปัจจัยมี 2 ระดับเท่านั้น โดยสมมุติฐานในการทดลองแบบแฟคทอเรียล มีดังนี้

Main effect	$H_0: \mu_{A1} = \mu_{A2} = \dots \mu_{Aa},$	$H_a: \text{not } H_0$
	$H_0: \mu_{B1} = \mu_{B2} = \dots \mu_{Bb},$	$H_a: \text{not } H_0$
Two-way interaction	$H_0: \text{ไม่มี interaction ระหว่าง ปัจจัย A และ B, } H_a: \text{not } H_0$	

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียลนั้น นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรระวังในเรื่องอันตรกิริยา เนื่องจากทำให้เข้าใจผิดได้โดยเฉพาะเมื่ออันตรกิริยาในทิศทางตรงกันข้ามกัน หลักการแปรผลคือ ถ้าวิเคราะห์แล้วไม่พบอันตรกิริยา ผู้วิจัยสามารถที่จะสรุปผลของอิทธิพลหลัก (main factor) ตามปัจจัยที่ทำการศึกษาได้เลย แต่ถ้าพบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย ให้สรุปผลแยกทีละปัจจัย จะให้ผลการทดลองที่เข้าใจได้ง่ายและถูกต้องมากกว่า

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ factorial 2^2 ใน CRD

5.2.2.3 การทดลองแบบผสม (Mixture design)

แผนการทดลองแบบผสมเป็นเทคนิคซึ่งเหมาะสำหรับการพัฒนาสูตร เนื่องจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลไม่เหมาะสมเมื่อมีส่วนประกอบมากกว่า 1 ชนิด การทดลองแบบ Mixture Design เป็นการทดลองหาส่วนผสมของสูตร โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือร้อยละ 100 ดังนั้น

ข้อจำกัดของการออกแบบ Mixture Design คือ $\sum_{i=1}^q x_i = 1.0$

เมื่อ q คือ จำนวนส่วนประกอบในสูตร

ข้อจำกัดนี้จะใช้ไม่ได้กับตัวแปรอิสระ

ในภาพที่ 5.3 แสดงช่องว่างที่เป็นอิสระของตัวแปร 2 และ 3 ตัว ซึ่งช่องว่างที่เป็น Mixture Design ของตัวแปร x_1 และ x_2 จะแสดงเป็นเส้นตาราง $x_1 + x_2 = 1$ ส่วนช่องว่างที่เป็น Mixture Design ของตัวแปร x_1 x_2 และ x_3 จะแสดงเป็น Equilateral triangle $x_1 + x_2 + x_3 = 1$ อย่างไรก็ตามถ้ามีตัวแปร 4 ตัว ช่องว่างของ Mixture Design จะแสดงในรูป Solid pyramid และถ้ายังมีส่วนประกอบมากยิ่งขึ้นจะทำให้ยากต่อการแสดงในรูปกราฟ

SOV	df	SS	MS	F
Trt	$t - 1$	$SST = [(T_1)^2 + \dots + (T_t)^2] / r - CF$	$MST = SST / (t - 1)$	MST / MSE
A	$a - 1$	$SSA = [(A_1)^2 + \dots + (A_a)^2] / br - CF$	$MSA = SSA / (a - 1)$	MSA / MSE
B	$b - 1$	$SSB = [(B_1)^2 + \dots + (B_b)^2] / ar - CF$	$MSB = SSB / (b - 1)$	MSB / MSE
AxB	$(a - 1)(b - 1)$	$SS(AB) = SST - SSA - SSB$	$MS(AB) = SS(AB) / (a - 1)(b - 1)$	$MS(AB) / MSE$
Error	$t(r - 1)$	$SSE = \text{Total SS} - SST$	$SSE / t(r - 1)$	MSE
Total	$r.t - 1$	$\text{Total SS} = \sum (\text{each value})^2 - CF$		

โดยที่

r = จำนวนซ้ำ, t = จำนวนของสิ่งทดลองทั้งหมด = ab ,

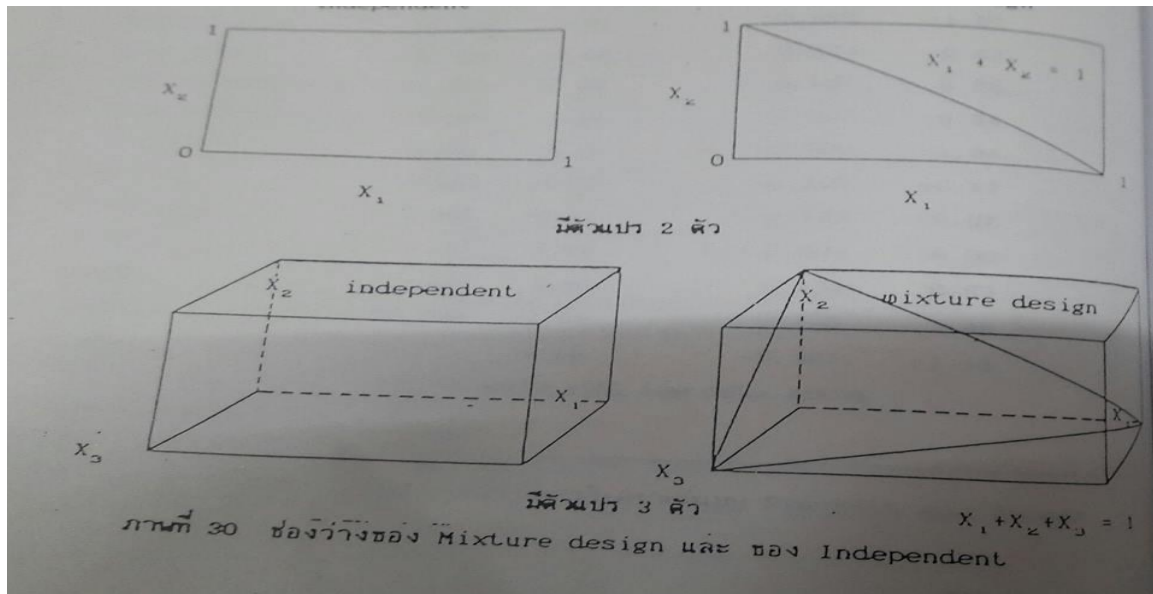
a = จำนวนระดับของปัจจัย A, b = จำนวนระดับของปัจจัย B

$CF = (\sum (\text{each value}))^2 / \text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด} = (\text{Grand Total})^2 / rab$

T_i = ผลรวมของแต่ละสิ่งทดลอง t , A_a = ผลรวมของแต่ละระดับของ A, B_b = ผลรวมของแต่ละระดับของ B

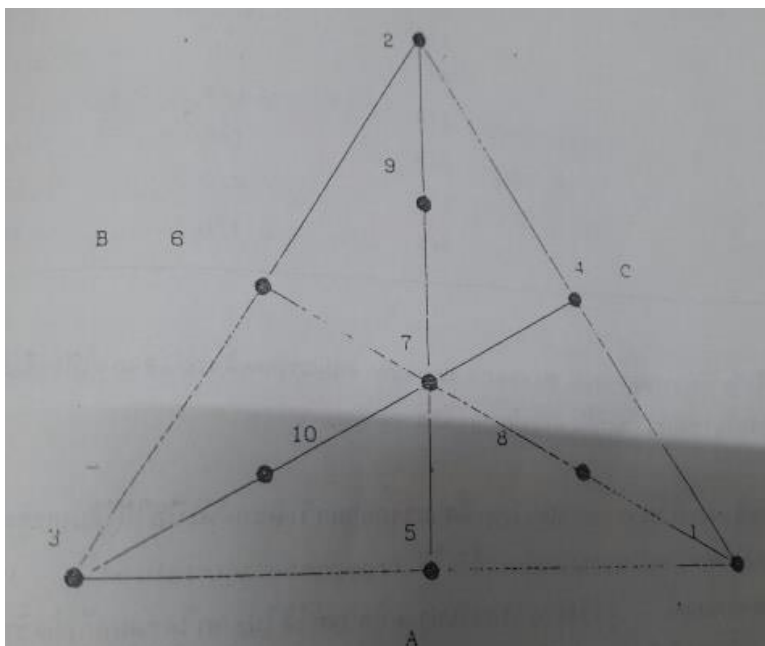
SS = sum squares = ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย,

MS = mean squares = SS / df = ผลเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 5.3 ช่องว่างของ Mixture design และของ Independent

ในภาพที่ 5.3 เป็นการแสดงช่องว่างส่วนประกอบ เมื่อมีตัวแปรเป็น A B และ C ซึ่งอัตราส่วนของสูตรสามารถจัดได้ภายในสามเหลี่ยมนี้ และระดับของส่วนประกอบสามารถจัดการได้จากการวัดโดยใช้เส้นตั้งฉากจากแกนของมัน ถ้าเป็นการทดลองแบบเต็มรูปแบบของ Mixture design ที่มีปัจจัยหรือตัวแปร 3 ชนิด สามารถจะได้สิ่งทดลองดังนี้ ที่จุดยอดของมุม (1 2 และ 3) ที่จุดกึ่งกลางเส้น (4 5 และ 6) จุดศูนย์กลาง (7) และจุดกึ่งกลางระหว่างจุดศูนย์กลางกับจุดยอดมุม (8 9 และ 10)



ภาพที่ 5.4 ช่องว่างของ Mixture design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว

ผลของ Mixture design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัวนั้น สามารถเขียนเป็นสิ่งทดลองต่าง ๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 สิ่งทดลองของ Mixture design ที่มีตัวแปร 3 ตัว

สิ่งทดลองที่	A	B	C
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	1/2	1
4	1/2	1/2	0
5	1/2	0	1/2
6	0	1/2	1/2
7	1/3	1/3	1/3
8	2/3	1/6	1/6
9	1/6	2/3	1/6
10	1/6	1/6	2/3

อย่างไรก็ตามการทดลองแบบ Mixture design สามารถลดสิ่งทดลองลงให้เหลือน้อยได้ ถ้าผู้ทดลองจะยอมรับในรายละเอียดที่ต้องการน้อยลงด้วย ผลการทดลองแบบ Mixture design นี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้แบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ ที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบกับค่าที่วัดได้ (response variables) (Hare : 1974) นอกจากนี้การทดลองแบบนี้ ผู้วิจัยสามารถปรับปรุงผลิตภัณฑ์ได้ไม่ยากโดย ดูผลที่เกิดขึ้นในช่องว่างส่วนประกอบต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ามีส่วนประกอบของสูตรนี้มากกว่า 4 ชนิด การทดลอง Mixture design จะทำได้ยากขึ้น

ตัวอย่าง 1 ในการพัฒนาสูตรขนมขบเคี้ยวชนิดใหม่ประเภทหนึ่ง โดยการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อทำการส่งออกจำหน่ายในตลาดมาเลเซีย การทดลองสูตรเบื้องต้นทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวดังกล่าวควรประกอบด้วย แป้งถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง ปลาป่น น้ำ ผงชูรส เกลือแกง และสารฟอสเฟต และสิ่งที่ต้องการในการทดลองครั้งนี้คือ ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการทางด้านโปรตีนสูง ตลอดจนต้องมีการยอมรับที่สูงด้วยจากผู้ทดสอบชิม

การออกแบบการทดลองแบบ Mixture design

ในการทดลองครั้งนี้ต้องการโปรตีนสูง และต้องไม่สูงเกินจนขาดการยอมรับจากผู้บริโภคอันเนื่องมาจากกลิ่นของปลา หรือกลิ่นถั่วเหลืองสูงเกินไป

ดังนั้นการทดลองจะทำการกำหนดส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้ให้คงที่ เกลือแกง สารฟอสเฟต ผงชูรส และน้ำ ส่วนสารประกอบอื่น ๆ จะทำการผันแปร เช่น แป้งมันสำปะหลัง ปลาป่น และแป้งถั่วเหลือง

สิ่งที่ต้องการ :

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca; T) = ร้อยละ 50-80

ปลาป่น (Fish; F) = ร้อยละ 5-10

แป้งถั่วเหลือง (Soy Flour; S) = ร้อยละ 20-45

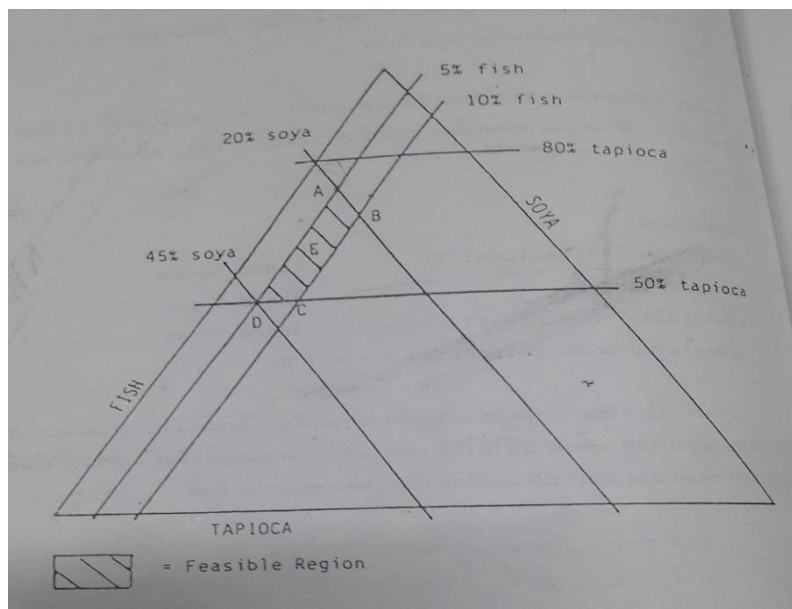
(แสดงในรูปส่วนผสมเป็นร้อยละของ T + F + S)

ในภาพที่ 5.5 เป็นการแสดงช่องว่างที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในการออกแบบ Mixture design ข้อจำกัดของส่วนผสมทั้งหมดสามที่ให้ไว้ข้างต้น นำไปวาดบนสามเหลี่ยมในภาพ ซึ่งในที่สุดจะได้พื้นที่ที่เป็นไปตามข้อกำหนด และสามารถเลือกนำมาใช้เป็นสิ่งที่ทดลองได้ ดังนี้

A = 75T	20S	5F	
B = 70T	20S	10F	
C = 50T	40S	10F	
E = 62T	31S	7F	(เป็นจุดกึ่งกลาง)

และจะทำการทดลองในแต่ละชุดขนาด 200 กรัม กล่าวคือ $T + S + F = 200$ กรัม ดังนั้นสูตรในการผลิตขนมขบเคี้ยวแต่ละสูตรจึงเป็นได้ดังนี้

150T + 40S + 10F	น้ำ 143 มิลลิลิตร
140T + 40S + 20F	ผงชูรส 3.2 กรัม
100T + 80S + 20F	เกลือแกง 6.3 กรัม
100T + 90S + 10F	สารฟอสเฟต 1.5 กรัม
124T + 62S + 14F	



รูปที่ 5.5 ช่องว่าง Mixture design ที่แสดงถึงพื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองจะทำการตรวจสอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมชามาเลเซีย จำนวน 12 ท่าน ทำการทดสอบความชอบโดยการให้คะแนน 1-5 โดยที่ คะแนน = 1 หมายถึงมีการยอมรับมากที่สุด และคะแนน = 5 หมายถึงมีการยอมรับน้อยที่สุด คะแนนรวมทั้งหมดของผู้ทดสอบชิม 12 ท่าน แสดงได้ดังนี้

สูตร A ได้คะแนนรวม = 29	สังเกตรหัส T สูง S ต่ำ F ต่ำ
สูตร B ได้คะแนนรวม = 31	สังเกตรหัส T สูง S ต่ำ F สูง
สูตร C ได้คะแนนรวม = 30	สังเกตรหัส T ต่ำ S สูง F สูง
สูตร D ได้คะแนนรวม = 45	สังเกตรหัส T ต่ำ S สูง F ต่ำ
สูตร E ได้คะแนนรวม = 45	สังเกตรหัส T กลาง S กลาง F กลาง

การศึกษาผลของส่วนประกอบทั้งสาม

ผลของส่วนประกอบที่ศึกษาแต่ละชนิดสามารถที่จะวิเคราะห์ ได้จากการประเมิน โดยการเปรียบเทียบค่าคะแนนรวมทั้งระดับสูง และค่าคะแนนที่ระดับต่ำของส่วนประกอบนั้นๆ

ผลของแป้งมันสำปะหลัง

ที่ระดับสูง	คะแนนรวมทั้งหมด	$29 + 31 = 60$
ที่ระดับต่ำ	คะแนนรวมทั้งหมด	$30 + 45 = 75$

สรุปว่าแป้งมันสำปะหลังที่ระดับสูงมีการยอมรับมากกว่า (Positive effect)

ผลของแป้งถั่วเหลือง

ที่ระดับสูง	คะแนนรวมทั้งหมด	$30 + 45 = 75$
ที่ระดับต่ำ	คะแนนรวมทั้งหมด	$29 + 31 = 60$

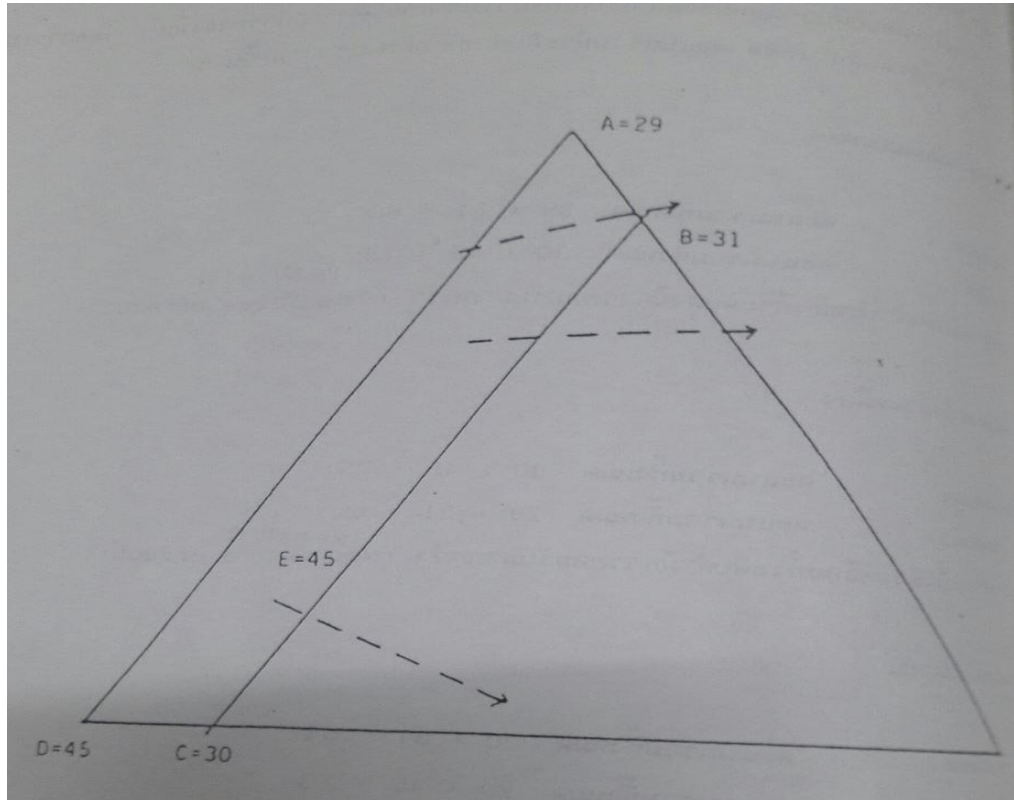
สรุปว่าแป้งถั่วเหลืองที่ระดับต่ำมีการยอมรับมากกว่า (Negative effect)

ผลของปลาป่น

ที่ระดับสูง	คะแนนรวมทั้งหมด	$30 + 31 = 61$
ที่ระดับต่ำ	คะแนนรวมทั้งหมด	$29 + 45 = 74$

สรุปว่าแป้งปลาป่นที่ระดับสูงมีการยอมรับมากกว่า (Positive effect)

การวิเคราะห์อย่างง่าย ๆ นี้ แสดงให้เห็นว่า การเติมถั่วเหลือง ในระดับที่สูง จะมีการยอมรับที่ต่ำ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีกลิ่นถั่วเหลือง ที่มากเกินไปนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของถั่วเหลืองที่ระดับสูงก็เป็นสิ่งที่ต้องการต่อการทดลองครั้งนี้ เพราะต้องการที่จะให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนสูง ซึ่งในแป้งถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนดังกล่าว สูตร A B และ E จะมีการให้คะแนนรวมที่มีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ (Interactions) ระหว่างรสชาติของปลาป่น กับแป้งถั่วเหลือง การเพิ่มปริมาณของปลาป่นมีแนวโน้มในการช่วยกลิ่นของถั่วเหลืองไม่ให้มากนัก ดังนั้นในภาพที่จะเป็นการแสดงทิศทางรวมของการยอมรับสำหรับ Mixture



รูปที่ 5.6 ทิศทางรวมของการยอมรับสำหรับ Mixture design

การทดลองในทิศทางใหม่

การออกแบบการทดลองอีกครั้ง จะถูกกำหนดทิศทางของการยอมรับตามผลที่ได้จากการทดลองครั้งแรก ดังแสดงในภาพที่ 5.7 พื้นที่ใหม่ของช่องว่าง Mixture ถูกกำหนดที่ระดับสูงของแป้งมันสำปะหลัง แต่ในขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณของปลาป่นลงไปด้วย พื้นที่ใหม่ที่ต้องการทดลองต้องมีความเกี่ยวเนื่องมาจากทดลองครั้งแรกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.7

รูปที่ 5.7 ช่องว่างของ Mixture ที่ แสดงถึงการทดลองครั้งแรก และพื้นที่ใหม่ ที่จะทำการทดลองครั้งที่สอง ผู้ทดลองทำการเลือกจุด 4 จุด ในพื้นที่ใหม่เป็นสิ่งที่ทดลอง คือ A B C และ D ซึ่งสิ่งทดลองดังกล่าวคือ

$$A: 50T + 15F + 35S$$

$$B: 55T + 15F + 30S$$

$$C: 50T + 20F + 30S$$

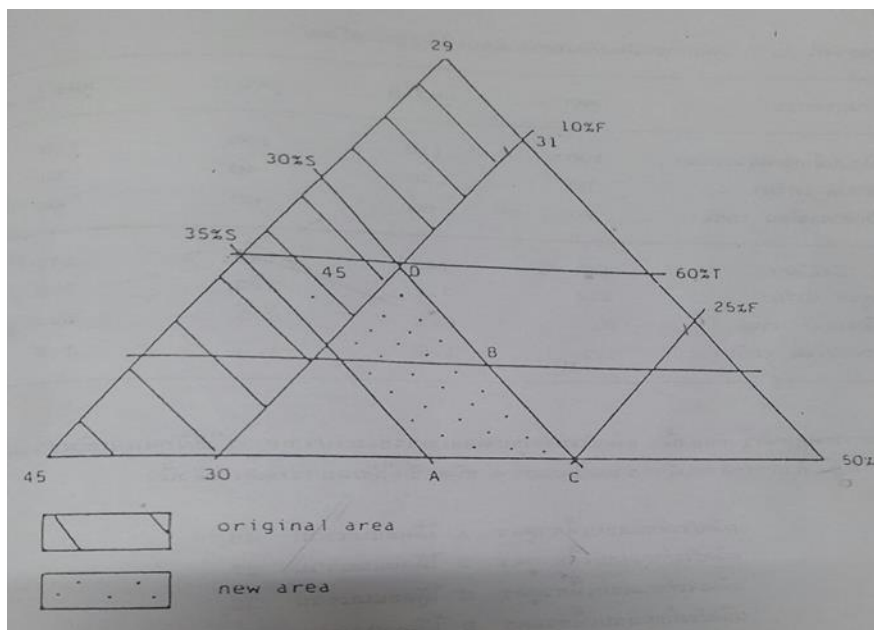
$$D: 60T + 10F + 30S$$

สิ่งทดลองที่ทำการศึกษาใหม่มีสูตรการผลิต ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในพื้นที่ใหม่

ส่วนประกอบ	สูตร A	สูตร B	สูตร C	สูตร D
แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	100	110	100	120
ปลาป่น (กรัม)	30	30	40	20
แป้งข้าวเหลือง (กรัม)	70	60	60	60
น้ำ (มิลลิลิตร)	143	143	143	143
ผงชูรส (กรัม)	3.2	3.2	3.2	3.2
เกลือแกง (กรัม)	6.3	6.3	6.3	6.3
สารฟอสเฟต (กรัม)	1.5	1.5	1.5	1.5

จากการทดลองครั้งที่สองนี้ ผลิตภัณฑ์จะถูกทดสอบการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมชาวมาเลเซียจำนวน 17



ท่าน ทำการทดสอบตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ซึ่งให้ผลการทดลองดังนี้

ผลิตภัณฑ์ขนม
ขบเคี้ยวสูตร A ได้คะแนน
รวม 48

ผลิตภัณฑ์ขนม
ขบเคี้ยวสูตร B ได้คะแนน
รวม 27

ผลิตภัณฑ์ขนม
ขบเคี้ยวสูตร C ได้คะแนน
รวม 32

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตร D ได้คะแนนรวม 33

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรต่างๆ โดยใช้ Mixture Design พบว่าสูตร B เป็นสูตรที่มีการยอมรับมากกว่า ผู้ทดลองจึงเลือกสูตรการผลิต B นี้ไปเป็นสูตรหลักในการพัฒนากรรมวิธีการผลิตในโรงงานต่อไป ซึ่งมีสูตรการผลิตหลักดังนี้

แป้งมันสำปะหลัง	ร้อยละ 32.0
ปลาป่น	ร้อยละ 8.4
แป้งถั่วเหลือง	ร้อยละ 16.9
น้ำ	ร้อยละ 40.3
ผงชูรส	ร้อยละ 1.0
เกลือแกง	ร้อยละ 1.8
สารฟอสเฟต	ร้อยละ 0.6

ในการทดลองแบบ Mixture Design สามารถใช้ในการศึกษาการพัฒนาสูตรการผลิตได้บรรลุวัตถุประสงค์ของการทดลองที่ว่า ต้องการใช้ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังในการผลิตเป็นหลัก และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ ผู้ทดลองน่าจะวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ของแต่ละสูตรการผลิตด้วย แล้วทำการเปรียบเทียบ เพื่อหาข้อสรุปในเชิงคุณภาพด้านโปรตีนสูงอย่างเด่นชัด ร่วมกับการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส

5.3 การออกแบบผลิตภัณฑ์ (product design) และการออกแบบกระบวนการผลิต (process design)

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการออกแบบกระบวนการผลิต ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ การผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ผลที่ได้ในขั้นตอนดังกล่าว คือผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และรายงานผลการศึกษาความเป็นไปได้ในเรื่องที่เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ เช่น

(1) เทคนิคด้านการผลิต การตลาด และการเงิน และ (2) การคาดการณ์เรื่องผลกระทบธุรกิจ และการตลาดที่มีต่อความสำเร็จในการนำเสนอผลิตภัณฑ์สู่ตลาดในระดับต่าง ๆ

การรวบรวมข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และการออกแบบกระบวนการผลิต และการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ดีนั้น จำเป็นต้องพิจารณาเรื่องการยอมรับผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ขณะเดียวกันพิจารณาความคุ้มค่าในการผลิตด้วย ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และการออกแบบกระบวนการผลิต แสดงในรูปที่ 5.8 สำหรับการทดสอบกิจกรรม และเทคนิคที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และพัฒนากระบวนการผลิตแสดงในที่ 5.9

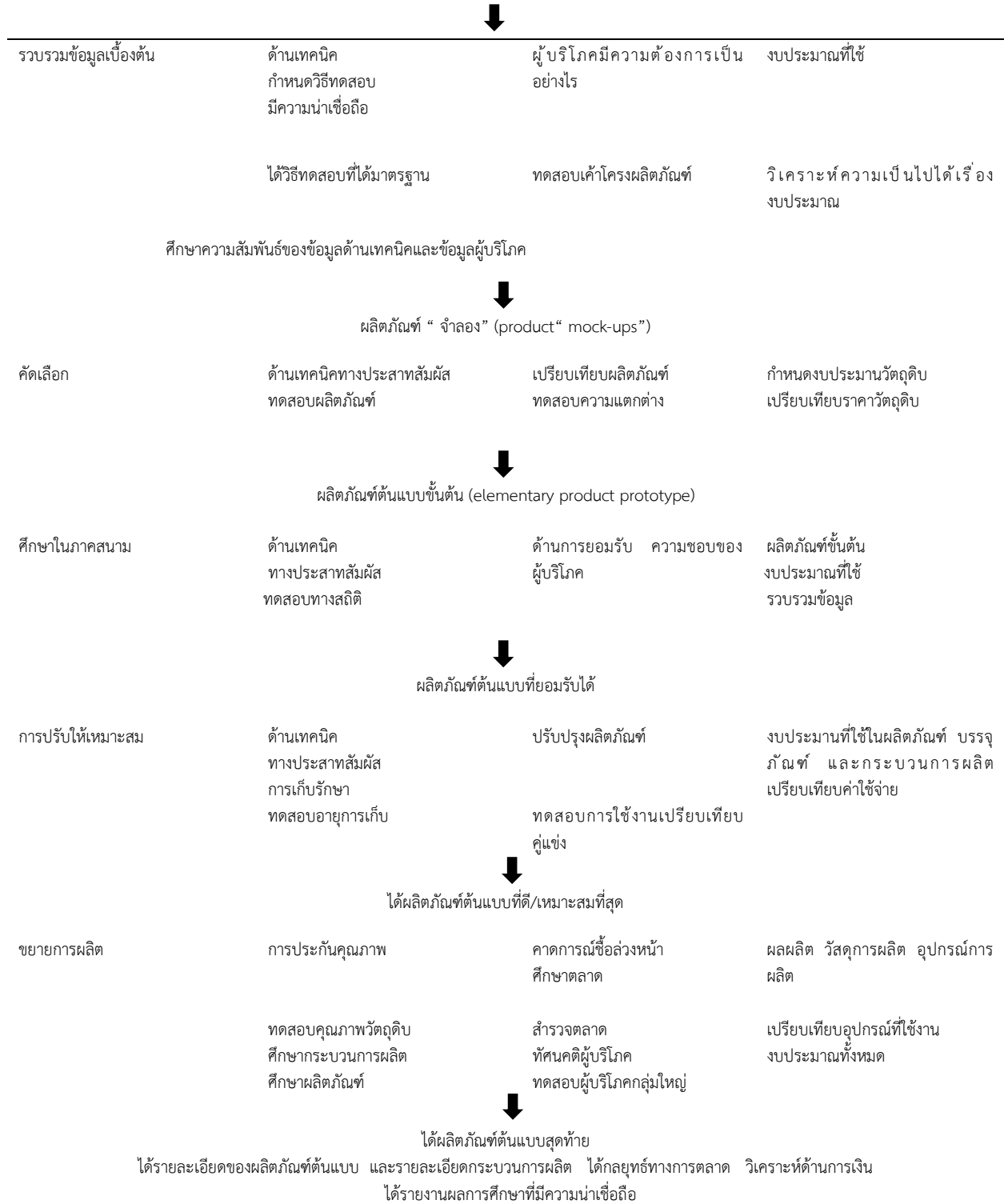
รายละเอียดการออกแบบผลิตภัณฑ์ (product design specification)



รูปที่ 5.8 กิจกรรมและเทคนิคการออกแบบผลิตภัณฑ์และพัฒนากระบวนการผลิต

(ดัดแปลงจาก Earle and Earle, 1999)

รายละเอียดการออกแบบผลิตภัณฑ์ (product design specification)



รูปที่ 5.9 การทดสอบกิจกรรมและเทคนิคที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และพัฒนากระบวนการผลิต
(ดัดแปลงจาก Earle and Earle, 1999)

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น (getting a feel)

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น จัดเป็นขั้นตอนที่กำหนดรายละเอียดการออกแบบผลิตภัณฑ์ (product design specification) โดยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปร การกำหนดขอบเขตของตัวแปร และวิธีการทดลองเฉพาะเรื่องนั้น (ad hoc experiment)

การทดสอบกิจกรรม และเทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ข้อมูลด้านเทคนิคที่กำหนดวิธีการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือ ข้อมูลความต้องการของผู้บริโภค และข้อมูลด้านงบประมาณใช้ในโครงการ ผลของการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นนี้จะได้วิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน การทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ความเป็นไปได้เรื่องงบประมาณ และความสัมพันธ์ของข้อมูลด้านเทคนิคและข้อมูลผู้บริโภค

การคัดเลือก (screening)

ขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกตัวแปรที่สำคัญ รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ออกแบบการทดลองอย่างง่าย เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ “จำลอง” (product “mock-ups”) การทดสอบกิจกรรม และเทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ด้านเทคนิคจะใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นกับผลิตภัณฑ์คู่แข่ง อาจใช้การทดสอบความแตกต่าง และกำหนดงบประมาณวัตถุดิบ ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้การคัดเลือก ทำให้สามารถกำหนดวิธีทดสอบผลิตภัณฑ์ เช่น การทดสอบความแตกต่าง และสามารถเปรียบเทียบราคาวัตถุดิบที่จะนำมาใช้

การศึกษาในภาคสนาม (Ball-park studies)

การทดสอบในขั้นตอนนี้เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบขั้นต้น (elementary product prototype) โดยกำหนดจำนวนตัวแปรที่เป็นวัตถุดิบ และตัวแปรในกระบวนการผลิต รวมทั้งบรรจุภัณฑ์พื้นฐานที่ให้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ จำนวนตัวแปรที่อยู่นอกขอบเขตที่กำหนดไว้จะถูกกำจัดออกไป การออกแบบการทดลองอาจใช้โปรแกรมการทดลองแบบเชิงเส้น (linear programming) แบบการทดลองแฟคทอเรียล (factorial design) หรือ แบบปรับส่วนผสม (mixture design) ในกรณีที่มีการปรับส่วนผสมวัตถุดิบให้เป็น 100%

การออกแบบการผลิตที่ใช้ linear programming หรือ factorial design หรือ mixture design นี้สามารถค้นคว้ารายละเอียดได้ในหนังสือการวางแผนการทดลอง ในการออกแบบการทดลองด้วยสามวิธีนี้สามารถทำการทดลองผลิตโดยใช้ส่วนประกอบเพียงชนิดเดียว หรือผสมกันหลายชนิด และประมวลผลโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรมสำเร็จรูป สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

การทดสอบกิจกรรม และเทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ด้านเทคนิคจะใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบของผู้บริโภค และการยอมรับผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตขึ้นทำให้ทราบงบประมาณที่ใช้ ข้อมูลที่รวบรวมได้ในขั้นตอนการศึกษาภาคสนามนี้ เมื่อทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติจะทำให้ทราบความชอบของผู้บริโภคว่าเป็นอย่างไร

การปรับให้เหมาะสม (optimization)

เมื่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ยอมรับได้ ขั้นตอนนี้เป็นการปรับให้เหมาะสม (optimization) อย่างเป็นขั้นตอน เช่น ปรับตัวแปร ออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างมีศิลปะมีความสวยงาม และมีความเหมาะสม

การทดสอบการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ด้านเทคนิคใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้งานได้เทียบเคียงกับคู่แข่งชั้น งบประมาณที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ และกระบวนการผลิต ผลที่ได้จากการปรับปรุงในขั้นตอนนี้ คือ ทราบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ทดสอบการใช้งานเปรียบเทียบกับคู่แข่งชั้น และสามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายได้

ขยายการผลิต (scale-up: production)

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ดี/เหมาะสมที่สุดแล้ว จากนั้นเป็นขั้นตอนขยายการผลิต (Scale-up: production) ทดลองผลิตในโรงงาน ศึกษาผลผลิตที่ได้ วิเคราะห์จุดอันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) เป็นการพัฒนาอย่างเป็นกระบวนการ (Evolutionary operation, EVOP) ในขณะเดียวกันต้องมีการขยายการตลาด (scale-up: marketing) โดยให้คำนิยาม/ความหมายที่ชัดเจนของของผลิตภัณฑ์ และการตลาด เลือกช่องทางการตลาด วิเคราะห์ราคา คาดการณ์ล่วงหน้าในการขาย

กิจกรรมในขั้นตอนนี้ ได้แก่ การทดสอบผู้บริโภคกลุ่มเล็ก/กลุ่มใหญ่ การประกันคุณภาพ โดยทดสอบวัตถุดิบ ศึกษากระบวนการผลิต และศึกษาผลิตภัณฑ์ คาดการณ์ล่วงหน้าในการขาย/ซื้อสำรวจตลาด สำนวจทัศนคติของผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ เปรียบเทียบวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และงบประมาณทั้งหมด

5.4 การศึกษาเค้าโครงลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมีจุดมุ่งหมายที่เหมือนกัน คือ พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์คู่แข่ง หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้ลักษณะตามความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายและการที่ผู้บริโภคจะยอมรับผลิตภัณฑ์หรือไม่นั้นสังเกตจากปฏิกิริยาที่แสดงถึงความชอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งเทคนิควิธีที่สำคัญและนิยมใช้เพื่อประเมินความชอบและ/หรือการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส หลักเกณฑ์ในการประเมินทางประสาทสัมผัสในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องใช้วิธีการที่สามารถตัดสินหรือแสดงให้เห็นเค้าโครงลักษณะของผลิตภัณฑ์ว่าได้ปรับปรุงในขั้นตอนต่างๆ หรือเปลี่ยนแปลงไป

ในทิศทางที่คล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นการศึกษาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในลักษณะพรรณนาอาจไม่เหมาะสมกับงานพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ ทำให้ยากต่อการวิเคราะห์และตีความได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จึงต้องใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อกำหนดเค้าโครงผลิตภัณฑ์ประกอบการตัดสินใจและการตีความที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น ค่าความถี่ (frequency) ค่าอัตราส่วน (ratio) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.) ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA หรือ *t*-test) และการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เป็นต้น

5.5 การประเมินและทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

การปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ การปรับสภาวะการผลิต หรือ ปรับสูตรการผลิตในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้ มีข้อดีคือ สามารถกระทำซ้ำหลายๆครั้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอเป็นไปตามต้องการภายใต้สภาวะการผลิตที่เหมาะสม โดยสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์หรือปรับปรุงสูตรในขั้นตอนการผลิตจริงในระดับโรงงาน และผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตขึ้นนี้ควรผ่านขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

- 1.การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (consumer panel testing)
- 2.ทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์
- 3.กรณีที่เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆอาจต้องจดทะเบียนผลิตภัณฑ์ตามกฎหมาย (legal application) จดลิขสิทธิ์ (copyright application) หรือจดสิทธิบัตร (patent application)

การประเมินและทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลด้านคุณภาพ อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ และข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์จากผู้บริโภคมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตระดับโรงงาน และข้อมูลดังกล่าวยังใช้เป็นแนวทางการวิจัยและพัฒนาด้านการตลาด รวมทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์ได้ อีกด้วย (Earle, 1985; Meilgaard et al., 1999)

5.6 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

5.6.1 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมี (chemical properties) เช่น องค์ประกอบของอาหาร ซึ่งอย่างน้อยเป็นไปตามข้อกำหนดในการระบุฉลากผลิตภัณฑ์ การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมี โดยทั่วไป ได้แก่

5.6.1.1 ปริมาณความชื้น (moisture) ซึ่งอาจใช้วิธี gravimetric method จากวิธีการของ A.O.A.C. method 925.10 (1990) อาศัยหลักการอบตัวอย่างในตู้อบความร้อน (hot air oven) หรือในตู้อบสุญญากาศ (vacuum oven) เพื่อระเหยน้ำในตัวอย่างที่อบ จนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป

(weight loss on drying) หรือปริมาณความชื้น คำนวณได้จากค่าความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ

5.6.1.2 ปริมาณโปรตีน (protein) ใช้วิธี Kjeldahl Method จากวิธีการของ A.O.A.C method 920.87 (1990) ใช้หลักการย่อยตัวอย่างด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น โดยมีโพแทสเซียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิสูง 400°C จนกระทั่งไนโตรเจนถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นและให้ความร้อนเพื่อให้ไนโตรเจนระเหยออกมาในรูปของแอมโมเนีย และถูกดักในสารละลายกรดบอริก จากนั้นไตเตรตหาความเข้มข้นของไนโตรเจนด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก คำนวณของไนโตรเจนในตัวอย่างและแปลงเป็นปริมาณโปรตีนโดยการคูณ conversion factor ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของตัวอย่าง

5.6.1.3 ปริมาณไขมันทั้งหมด (total fat) โดยวิธี Soxhlet system method จากวิธีของ A.O.A.C method 923.05 (1990) ใช้หลักการสกัดตัวอย่างด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 °C ประมาณ 5-6 ชั่วโมง ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก และอบที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 45 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักไขมันคำนวณเป็นร้อยละ

5.6.1.4 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ash): Direct method – dry ashing จากวิธีของ A.O.A.C. method 923.03 (1990) ใช้หลักการเผาตัวอย่างเพื่อทำลายสารอินทรีย์ (organic matters) ในอาหารให้เหลือแต่สารอนินทรีย์ (inorganic matters) จากนั้นทิ้งให้เย็น และชั่งน้ำหนักได้เป็นปริมาณเถ้าของอาหาร ซึ่งแสดงถึงปริมาณแร่ธาตุ (minerals) ในอาหารที่อยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ หรือเกลือที่ทนความร้อนสูง

5.6.1.5 ปริมาณใยอาหาร (Fiber) จากวิธีของ A.O.A.C. method 920.86 (1990) ใช้หลักการย่อยสลายตัวอย่างอาหารที่ไม่มีไขมันในสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นเพื่อสลายคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ล้างกากด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายกรดเกลือ เอธิลแอลกอฮอล์ และไดเอทิลอีเทอร์ ชั่งหาน้ำหนักของกากที่แห้งเหลือ และเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 °C นาน 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนักเถ้าที่ได้

$$\text{คำนวณปริมาณใยอาหารเป็นร้อยละ} = \frac{[\text{น้ำหนักของกาก} - \text{น้ำหนักเถ้า}]}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

5.6.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total carbohydrate) โดยวิธีคำนวณตาม A.O.A.C. (1990) คำนวณจากผลต่างจาก 100 ของผลรวมทั้งหมด

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด} = 100 - (\text{ปริมาณความชื้น} + \text{ปริมาณโปรตีน} + \text{ปริมาณไขมัน} + \text{ปริมาณเถ้า})$$

5.6.1.7 คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมีด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณเกลือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น

5.6.2 คุณภาพด้านกายภาพ เช่น

5.6.2.1 ลักษณะที่ปรากฏ (appearance) อาจใช้วิธีการวัด เช่น ความหนาของผลิตภัณฑ์ชั้นสีเหลือง วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร มีความชุ่ม/ใส การกระจายของเนื้อผลไม้/ชิ้นช็อกโกแลต

5.6.2.2 สี (color) เช่น ความเข้มของสีสม่ำเสมอ สามารถวัดได้โดยเครื่องวัดสี (colorimeter) หรือ เครื่อง Hunter lab

5.6.2.3 เนื้อสัมผัส (texture) โดยเครื่อง Instron texture analyzer หรือวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง โดยเครื่อง Brabender visco amylograph เป็นต้น

5.6.3 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ เช่น การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ยีสต์ และรา (yeasts and molds) จุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียและเป็นโทษ ได้แก่ Salmonella, Coliform, E. coli วิธีที่นิยมโดยทั่วไป มีดังนี้

5.6.3.1 การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ด้วยวิธี pour plate ตามวิธีการของ International Commission on Microbiological Specification for Foods หรือ ICMSF (1988) โดยใช้ตัวอย่าง 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรม เลี้ยงเชื้อในอาหารวุ้นแข็ง PCA บ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 24-48 ชั่วโมง การรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่างอาหาร 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร

5.6.3.2 การตรวจวิเคราะห์ยีสต์ และรา (yeasts and molds) ด้วยวิธี Spread plate ตามวิธีการของ ICMSF (1988) โดยใช้ตัวอย่าง 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรม เลี้ยงเชื้อในอาหารวุ้นแข็ง PDA บ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 22-25 °C นาน 5 วัน การรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่างอาหาร 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร

5.6.3.3 การตรวจวิเคราะห์ Salmonella ตามวิธีการของ Vanderzant and Splittstoesser (1992) โดยใช้ตัวอย่าง 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรม เลี้ยงเชื้อในอาหารวุ้นแข็งชนิด HE,BS และ XLD บ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 24 ชั่วโมง ร่วมกับการทดสอบทางชีวเคมีตรวจสอบทางน้ำเหลืองวิทยา การรายงานผลเป็น “พบ” หรือ “ไม่พบ” แบคทีเรียชนิด Salmonella ในตัวอย่าง 25 กรัม

5.6.3.4 การตรวจวิเคราะห์ Coliform ตามวิธีการของ Vanderzant and Splittstoesser (1992) โดยใช้ตัวอย่าง 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรม เลี้ยงเชื้อในหลอดอาหารเหลว LST ที่มีหลอดดักแก๊ส คั่วอยู่ภายในบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 24 ชั่วโมง ตรวจแก๊สในหลอดดักแก๊ส ถ้าไม่มีแก๊สเกิดขึ้น ให้บ่มต่อจนครบ 48 ชั่วโมง ถ้าเกิดแก๊สแสดงว่าผลเป็นบวก นำหลอดที่เกิดแก๊สไปตรวจสอบยืนยันผลในหลอดอาหารเหลว BGB 2% ที่มีหลอดดักแก๊สคั่วอยู่ภายในบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 24 ชั่วโมง ถ้าเกิดแก๊ส แสดงว่ามีการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย Coliform บันทึกจำนวนหลอดที่เกิดแก๊สมาเปรียบเทียบกับตารางค่า MPN รายงานผลเป็นแบคทีเรียกลุ่ม Coliform ในรูปค่า MPN ต่อ 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร

5.6.3.5 การตรวจวิเคราะห์ *Escherichia coli* ตามวิธีการของ Vanderzant and Splittstoesser (1992) ใช้วิธีการเดียวกับการตรวจวิเคราะห์ Coliform แต่การนำหลอดที่เกิดแก๊สไปตรวจสอบยืนยันผลจะใช้อาหารเหลว EC ที่มีหลอดดักแก๊สคั่วอยู่ภายใน บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 45 °C นาน 24 ชั่วโมงตรวจแก๊สในหลอดดักแก๊ส ถ้าไม่มีแก๊สเกิดขึ้น ให้บ่มต่อจนครบ 48 ชั่วโมง ถ้าเกิดแก๊สแสดงว่าผลเป็นบวก แยกเชื้อจากที่เกิดแก๊สบนอาหารวุ้นแข็ง EMB บ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 18-24 ชั่วโมง ถ่ายเชื้อจากโคโลนีที่สงสัย (มีสีม่วงเข้ม หรือสีน้ำตาลแดง อาจมี หรือไม่มี metallic sheen หรือมีจุดดำตรงกลางโคโลนี) ไปทดสอบทางชีวเคมี โดยตรวจผล indole production, Vogesproskauer (VP) – reaction compound, methyl-reaction compound, เลี้ยงเชื้อใน citrate และ gas form lactose : รายงานผลเป็นแบคทีเรียกลุ่ม *Escherichia coli* (*E.coli*) ในรูปค่า MPN ต่อ 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร

5.7 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส

การทดสอบผลิตภัณฑ์โดยวิธีการทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีหลายวิธี ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ เช่น การเลือกใช้วิธีการทดสอบ การพัฒนาแบบสอบถาม การเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทดสอบ คัดเลือกกลุ่มผู้ประเมินหรือผู้ทดสอบ ปฐมนิเทศหรือฝึกฝนกลุ่มผู้ทดสอบ เพื่อทำความเข้าใจให้ตรงกันเกี่ยวกับความหมายของคำที่แสดงลักษณะต่างๆทางประสาทสัมผัส การใช้สเกล การกำหนดวิธีทดสอบผลิตภัณฑ์และการออกแบบสอบถาม ดังนั้นนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรเลือกใช้วิธีการทดสอบให้ตรงวัตถุประสงค์ของงาน ใช้คำที่แสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญโดยรวมกันทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันกำหนดลักษณะต่างๆที่พบ เช่น ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส เป็นต้น จากนั้นสร้างแบบสอบถามที่สอดคล้องกัน และใช้หลักเกณฑ์พื้นฐานในทดสอบด้านประสาทสัมผัสโยทั่วไปในการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น การเลือกวิธีทดสอบ การคัดเลือกผู้ประเมิน นำเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดและปริมาณเหมาะสมในการทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ การจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการทดสอบ เป็นต้น

5.7.1 กลุ่มผู้ทดสอบชิม กลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ใช้ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจแบ่งเป็น

(1) ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ (laboratory panel) หรือผู้ทดสอบชิมที่มีความชำนาญ (expert panel) เป็นกลุ่มผู้ทดสอบกลุ่มเล็กที่ผ่านการฝึกฝนในเรื่องการประเมินผลทางประสาทสัมผัสสามารถตอบแบบสอบถามในเรื่องเดียวกันตลอดโครงการ นิยมใช้ในขั้นตอนการพัฒนาสูตร ปรับปรุงลักษณะผลิตภัณฑ์ และทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง

(2) ผู้ทดสอบชิมที่เป็นผู้บริโภค (consumer panel) เป็นกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรส่วนใหญ่ ผู้ทดสอบกลุ่มนี้จะมีจำนวนมากกว่าผู้ทดสอบชิมในระดับห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง ซึ่งนิยมใช้ในขั้นตอนการประเมินความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์

5.7.2 ชนิดของการทดสอบที่ใช้ วิธีทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ มีหลายวิธีขึ้นกับวัตถุประสงค์ดังนี้

(1) การทดสอบความแตกต่าง (difference test) วิธีการชนิดนี้ ใช้ในกรณีต้องการทดสอบว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกันหรือไม่ในเรื่องของคุณภาพโดยรวมหรือลักษณะบางอย่างที่กำหนด การทดสอบความแตกต่างสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

(1.1) การทดสอบความแตกต่างโดยรวม (overall difference) มีวิธีทดสอบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้หลายวิธี ดังนี้

- วิธีการเลือกตัวอย่างคู่จากสามตัวอย่าง (triangle test) วิธีนี้มีประสิทธิภาพสูงในการใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถวัดลักษณะเฉพาะได้ เช่น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมกรรมวิธีผลิต สภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ หรือปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น หรือจะใช้เพื่อคัดเลือกฝึกฝนผู้ทดสอบ จำนวนผู้ทดสอบที่มีความชำนาญอาจใช้ 6 คน แต่ถ้าเป็นผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปจะใช้ 20-40 คน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ chi-square test (X^2)

- วิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่กับตัวอย่างมาตรฐาน (duo-trio test) วิธีนี้เป็นการเปรียบเทียบตัวอย่างทดสอบ 2 ตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถวัดลักษณะเฉพาะได้ เช่น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสม กรรมวิธีการผลิต สภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ หรือปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ประมาณ 15-30 คน ควรได้รับการฝึกฝน และต้องทดสอบตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 3 ครั้ง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ chi-square test (X^2)

- วิธีการเลือกสองตัวอย่างจากห้าตัวอย่าง (two-out-of-five test) วิธีนี้ใช้หลักการเดียวกับวิธีการเลือกตัวอย่างที่จากสามตัวอย่าง แต่จำนวนตัวอย่างทดสอบมีปริมาณมาก ทำให้เกิดการล่า จึงเหมาะกับการทดสอบลักษณะปรากฏ การสัมผัส หรือการได้ยิน โดยทั่วไปให้ผู้ทดสอบ 20 คน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ chi-square test (X^2)

- วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (difference from control test) วิธีนี้ใช้ในกรณีที่ต้องการทราบขนาดของความแตกต่างของตัวอย่างทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม หรือตัวอย่างมาตรฐาน โดยทั่วไปให้ผู้ทดสอบ 20-50 คน ควรได้รับการแนะนำวิธีทดสอบ และความหมายของสเกลที่ใช้ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ t -test หรือ F -test

(1.2) การทดสอบความแตกต่างตามลักษณะทางประสาทสัมผัส (attribute difference test) วิธีการชนิดนี้ ใช้ในกรณีต้องการทดสอบว่าตัวอย่างมีลักษณะทางประสาทสัมผัสเฉพาะอย่างแตกต่างกันหรือไม่ เช่น รสชาติ (ขม หวาน เปรี้ยว เค็ม) เนื้อสัมผัส (ความแข็ง ความเหนียว ความชื้น) เป็นต้น มีวิธีทดสอบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้หลายวิธี ดังนี้

- วิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (paired comparison) วิธีการนี้ง่ายและเป็นที่นิยมใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบได้รับการฝึกเพียงเล็กน้อยให้คุ้นเคยกับลักษณะทางประสาทสัมผัสเฉพาะที่ต้องการทดสอบ แต่เพื่อผลการทดสอบที่แม่นยำถูกต้อง ควรใช้จำนวนผู้ทดสอบมากพอ

- วิธีเรียงลำดับ (ranking test) นิยมใช้ในการทดสอบมากกว่า 3 ตัวอย่างโดยใช้การเรียงลำดับเป็นวิธีการที่ใช้เวลาทดสอบน้อยกว่าวิธีการอื่น การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Friedman's test หรือ chi-square (rank) test

- วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างหลายตัวอย่างด้วยการให้คะแนน (rating or scoring) นิยมใช้ในการวัดความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างตั้งแต่ 3-6 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบต้องได้รับการฝึกฝนการใช้สเกล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง เช่น LSD (least significant difference), DMRT (duncan's multiple range test)

(2) การทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive test) เป็นวิธีการวัดและอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนให้สามารถอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสและใช้สเกลต่างๆ ที่เป็นมาตรฐาน สามารถทำงานร่วมกันเป็นทีมได้ วิธีการทดสอบเชิงพรรณนาที่นิยมใช้ มีดังนี้

(2.1) วิธี flavor profile มีการพัฒนาและเริ่มใช้โดยบริษัท Author D. Little การทดสอบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีนี้ อยู่ในลักษณะของการทดสอบกลิ่น รสชาติ ความรู้สึกในปากและจมูกที่ใช้อธิบายระหว่างทดสอบผลิตภัณฑ์ และหลังจากการทดสอบผลิตภัณฑ์

(2.2) วิธี texture profile วิธีการนี้ได้รับการพัฒนาโดย Brandt และ Szczesniak แห่งบริษัท General Food การทดสอบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีนี้ ประกอบด้วยลักษณะที่ปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปากที่ใช้อธิบายระหว่างทดสอบผลิตภัณฑ์ และหลังจากการทดสอบผลิตภัณฑ์การให้คะแนนจะเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน เช่น ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก ความรู้สึกขณะเคี้ยว ความรู้สึกหลังจากการเคี้ยว เป็นต้น

ตัวอย่างการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ต้นแบบข้าวเสริมธาตุอาหาร (อมรรัตน์, 2547) ดังนี้

ภาวะโภชนาการในประเทศไทยในสถานการณ์ปัจจุบัน พบว่าคนไทยเกินกว่าร้อยละ 40 มีอาการของโรคโลหิตจางเนื่องจากขาดธาตุที่สำคัญของร่างกาย รายงานผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักพบว่าปริมาณแร่ธาตุไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายต่อวัน ดังนั้นหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบข้าวเสริมธาตุเหล็ก นอกจากจะช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคโลหิตจางแล้วยังเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรได้

วิธีคัดเลือกผู้ทดสอบชิม จะคัดเลือกผู้ทดสอบชิมที่มีความเชี่ยวชาญมีคุณสมบัติเหมาะสมคุ้นเคยกับการรับประทานข้าวและจำแนกความแตกต่างของข้าวได้จำนวน 35 คน การคัดเลือกผู้ทดสอบชิมใช้วิธี Triangle test จากตัวอย่างข้าว 3 ตัวอย่างที่มีรหัสตัวเลขสุ่ม 3 หลัก เสริฟ 3 ตัวอย่างพร้อมกันโดยมีสองตัวอย่างเหมือนกัน และหนึ่งตัวอย่างแตกต่างจากสองตัวอย่าง ให้ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถามโดยทำเครื่องหมายในช่องของตัวอย่างที่แตกต่างจาก 2 ตัวอย่างตามเกณฑ์มาตรฐานวิธี Triangle test การทดสอบเป็นแบบ one-tailed test ในจำนวนผู้ทดสอบชิมที่ได้รับคัดเลือกจำนวน 35 คน ถ้าพบว่าที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีผู้ตอบถูกจำนวนเกินกว่า 17 คน แสดงว่าผู้ทดสอบชิมกลุ่มนี้มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างได้

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้งหมดใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในชุดการทดลอง (Randomized Complete Block Design) เตรียมตัวอย่างข้าวสุกแต่ละตัวอย่างเท่าๆกันหนัก 30 กรัม และติตรหัสเป็นตัวเลขสุ่ม 3 หลัก ผู้ประเมินทุกคนทำการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวโดยการนำเสนอครั้งละ 1 ตัวอย่าง เรียงตามลำดับที่ได้เลือกไว้ล่วงหน้า แต่ละคนทำการประเมิน 4 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 35 คน ปฏิบัติงานอย่างเป็นอิสระต่อกันและทำการประเมินตัวอย่างภายใต้แสงไฟนีออนสีขาว ก่อนทำการประเมินตัวอย่างใหม่ทุกครั้งผู้ประเมินต้องกลั้วปากด้วยน้ำสะอาดและเคี้ยวแครกเกอร์ จากนั้นทำการทดสอบชิมและให้คะแนนความคิดเห็นด้วย 5-point just-about-right scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว ความแข็ง และความชอบ

ตัวอย่างแบบสอบถาม

ชื่อ.....รหัสผู้ชม.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....รหัสตัวอย่าง.....

คำชี้แจง โปรดประเมินผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมธาตุเหล็ก โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่แสดงถึงความหมายในการพรรณนาที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ท่านกำลังทดสอบชิม โปรดให้คำแนะนำด้วยจะขอบพระคุณอย่างสูง

1. ท่านชอบสีของตัวอย่างมากขนาดไหน

- ☐ ไม่ชอบมากที่สุด
☐ ไม่ชอบมาก
☐ ไม่ชอบปานกลาง
☐ ไม่ชอบเล็กน้อย
☐ รู้สึกเฉยๆ
☐ ชอบเล็กน้อย
☐ ชอบปานกลาง
☐ ชอบมาก
☐ ชอบมากที่สุด

ความคิดเห็น.....

.....

2. ท่านรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับสีของตัวอย่าง

- ☐ ขาวมากเกินไป
☐ ขาวเล็กน้อย
☐ ดีแล้ว
☐ สีน้ำตาลเล็กน้อย
☐ น้ำตาลเหลืองมาก

ความคิดเห็น.....

.....

3. ท่านชอบกลิ่นของตัวอย่างมากขนาดไหน

- ☐ ไม่ชอบมากที่สุด
☐ ไม่ชอบมาก
☐ ไม่ชอบปานกลาง
☐ ไม่ชอบเล็กน้อย
☐ รู้สึกเฉยๆ
☐ ชอบเล็กน้อย
☐ ชอบปานกลาง
☐ ชอบมาก
☐ ชอบมากที่สุด

ความคิดเห็น.....

.....

4. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรกับความแรงของกลิ่นในตัวอย่าง

- ☐ กลิ่นน้อยมาก
☐ ค่อนข้างน้อย
☐ ดีแล้ว
☐ ค่อนข้างรุนแรง
☐ กลิ่นรุนแรงมาก

ความคิดเห็น.....

.....

ตัวอย่างคะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้ทดสอบชิมในลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมธาตุเหล็ก แสดงตารางที่ 5.1 เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณธาตุเหล็กที่เสริมในข้าวสามารถเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความชอบระหว่างผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมธาตุเหล็กแต่ละชนิดกับตัวอย่างควบคุมซึ่งเป็นข้าวที่ไม่มีการเสริมแร่ธาตุช่วยให้สามารถกำหนดเค้าโครงผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมธาตุเหล็กได้

ตารางที่ 5.5 คะแนนเฉลี่ยความชอบข้าวเสริมธาตุเหล็กโดยใช้ 9 point hedonic scale (ช่วงคะแนน 1-9 1= ไม่ชอบมากที่สุด , 9= ชอบมากที่สุด)

ตัวอย่างข้าว	ปริมาณธาตุเหล็ก (ร้อยละ)	คะแนนเฉลี่ยความชอบ					
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ความเหนียว	ความแข็ง	การยอมรับรวม
ตัวอย่างควบคุม	0.31	5.82 ^a	6.11 ^b	6.29 ^b	6.46 ^b	6.06 ^c	7.03 ^c
ตัวอย่างเคลือบผิว							
-เฟอร์ริส ซัลเฟต	3.92	6.58 ^c	5.26 ^a	5.60 ^a	3.83 ^a	3.83 ^a	5.51 ^a
-เฟอร์ริก ออร์โธ ฟอสเฟต	3.99	7.02 ^d	5.54 ^b	5.60 ^a	4.83 ^a	4.63 ^b	6.09 ^a
-เฟอร์ริก ไพรอเฟสเฟส	3.63	6.24 ^b	5.26 ^a	5.66 ^a	5.29 ^a	4.89 ^b	5.57 ^{ab}

^{a-b} ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างในแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความเห็นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตัวอย่างผลการคัดเลือกชนิดของวัตถุดิบที่เป็นถั่ว 4 ชนิดเพื่อใช้ในการผลิตไส้เบอร์เกอร์ทาร์โดยการวิเคราะห์และตีความจากคะแนนความชอบที่มีต่อลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความแน่นเนื้อ และความชอบรวมผลการทดสอบการวิเคราะห์และตีความตารางที่ 5.6 แสดงความชอบโดยเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ และความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีเพียง 1 ลักษณะคือกลิ่นที่ไม่มีความแตกต่าง อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าไส้เบอร์เกอร์ผลิตจากถั่วเหลืองได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดในทุกลักษณะด้วยคะแนนความชอบปานกลางคือ 7.35 6.69 7.0 7.05 6.85 และ 7.45 ตามลำดับผู้วิจัยจึงเลือกถั่วเหลืองมาใช้ผลิตไส้เบอร์เกอร์และจากข้อมูลทั่วไปยังพบว่าถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าถั่วชนิดอื่นๆมีราคาถูกกว่าถั่วลิสงถั่วเขียวและถั่วแดง

ตารางที่ 5.6 คะแนนความชอบต่อสี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความแน่นเนื้อ และความชอบรวมของเบอร์เกอร์ที่ใช้ถั่ว 4 ชนิด

ชนิดถั่ว	คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อลักษณะเบอร์เกอร์ถั่ว					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความแน่นเนื้อ	ความชอบรวม
ถั่วเหลือง	7.35 ^a	6.69 ^a	7.00 ^a	7.05 ^a	6.85 ^a	7.45 ^a
ถั่วลิสง	6.55 ^{ab}	6.15 ^a	6.10 ^{ab}	5.60 ^b	5.75 ^{ab}	6.10 ^b
ถั่วแดง	5.90 ^b	5.70 ^a	5.65 ^b	5.50 ^b	5.40 ^b	5.70 ^b
ถั่วเขียว	5.70 ^b	5.55 ^a	5.25 ^b	5.45 ^b	5.35 ^b	5.45 ^b

^{a-b} อักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ Pearson's Correlation (r) ในตารางที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าความชอบรวมของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสี ($r=0.7076$) และความยืดหยุ่นของไส้เบอร์เกอร์ถั่ว ($r=0.6712$) สำหรับรสชาตินั้นแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กับความชอบรวม ($r=0.0224$) แต่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแน่นเนื้อ ($r=0.7177$) ลักษณะความชอบกลิ่นพบว่ามีความสัมพันธ์ไม่เด่นชัดกับความชอบรวม ($r=0.5737$) ซึ่งผลสอดคล้องกับตารางที่ 5.2 ที่พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อกลิ่นของทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการพัฒนาสูตรขั้นต่อไปจึงแยกสอบถามผู้บริโภคเรื่องความแรงกลิ่นถั่วและกลิ่นเนื้อ

ตารางที่ 5.7 ค่าสหพันธ์ที่ได้จากการทดสอบ Pearson's Correlation (r)

คุณลักษณะที่ทดสอบ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความแน่นเนื้อ
กลิ่น	0.5419				
รสชาติ	0.0139	-0.1009			
ความยืดหยุ่น	0.679	0.5752	-0.0704		
ความแน่นเนื้อ	-0.0267	-0.2202	0.7177	-0.0841	
ความชอบรวม	0.7076	0.5737	0.0224	0.6712	-0.0735

ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวทอดสดได้จากผู้ทดสอบ 35 คนกับการทดสอบความแข็ง (Max.Load) ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส Instron (ทดลอง 5 ซ้ำ) แสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.8 ค่าสหพันธ์ (Pearson's Correlation (r))

คุณลักษณะที่ทดสอบ	ความชอบโดยรวม	ความกรอบ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การอมน้ำมัน
ความกรอบ	0.9824	.	.	.	.	.
สี	0.5738	0.5190	.	.	.	.
กลิ่น	0.8626	0.9144	0.1296	.	.	.
รสชาติ	0.9744	0.9992	0.5034	0.9220	.	.
การอมน้ำมัน	0.8616	0.8567	0.0859	0.9432	0.8532	.
Max.Load (kgf)	-0.9637	-0.9959	-0.4545	-0.9418	-0.9983	-0.8677

การแปลผลค่าความสัมพันธ์ Pearson's Correlation ในตารางที่ 5.4 จะช่วยให้สามารถกำหนดเค้าโครงผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้นั้นคือ

- ความชอบโดยรวมจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับความกรอบกลิ่นรสชาติและการอมน้ำมันโดยค่า r เข้าใกล้ 1 และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์โดยค่า r เข้าใกล้ -1 นั่นคือความชอบโดยรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อความกรอบกลิ่นรสชาติและการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

- ความกรอบ กลิ่น รสชาติ และการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ มีความสัมพันธ์กันมากและในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์โดยค่า r เข้าใกล้ -1

- กลิ่น รสชาติ และการอมน้ำมันมีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางเดียวกับความกรอบโดยค่า r เข้าใกล้ 1 นั่นคือเมื่อกลิ่นรสชาติและการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นความกรอบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

- รสชาติและการอมน้ำมันมีความสัมพันธ์กันมากและในทิศทางเดียวกับกลิ่นและการอมน้ำมันนั้นก็จะมีความสัมพันธ์กับรสชาติของผลิตภัณฑ์อย่างมาก

- สัมพันธ์กับลักษณะต่างๆน้อยมาก

(3) หลักการของ Ratio Profile Test (RPT) ศิริลักษณ์ (2531) สรุปวิธี RPT ไว้ดังนี้

(3.1) วิธีการของ Ratio Profile Test (RPT) หรือ ค่าสัดส่วน เป็นวิธีทดสอบเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์วิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมโดยใช้ค่าคะแนนบนเส้นตรงแสดงความมากน้อยของลักษณะต่างๆทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมแต่ละคน ถ้าคะแนนของผู้ทดสอบชิมแต่ละคนในแต่ละลักษณะจะถูกหารด้วยค่าคะแนนที่ผู้ทดสอบชิมกำหนดว่าดีเลิศ หรือถ้าคะแนนที่พอเหมาะที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ และค่าอัตราส่วนที่คำนวณได้จากผู้ทดสอบชิมแต่ละคนในแต่ละลักษณะจะถูกนำมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย (ratio mean score) และค่าเฉลี่ยดังกล่าวสามารถนำมาเปรียบเทียบกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการหรือค่าอัตราส่วนที่เท่ากับ 1 ค่าอัตราส่วนนี้สามารถแสดงเป็นกราฟใยแมงมุม

(3.2) การออกแบบการทดสอบและการให้คะแนนใช้เป็นสเกลเส้นตรงไม่มีหมายเลขกำกับความยาวคงที่เช่น 10 ซม. มีเพียงคำอธิบายแสดงลักษณะที่หัวและท้ายเส้น ตัวอย่างเช่น

สื่อนอน _____ สีเข้ม

การให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีนี้ ผู้ทดสอบชิมภาครื่องหมายโดยขีดเส้นตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของผู้ทดสอบชิมและมีความเห็นว่าเหมาะสมโดยใช้คำศัพท์ 2 คำคือ

(1) sample score (S) ใช้สำหรับบอกความมากน้อยของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบชิมมีความรู้สึกต่อตัวอย่างและ (2) ideal score (I) ใช้สำหรับบอกความมากน้อยของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบชิมต้องการให้มีในตัวอย่างนั้นๆ

(3.3) การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ (Ideal Product profile) การที่จะทราบว่าคุณบริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีเค้าโครงลักษณะอย่างไร นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ผู้บริโภคร่วมกันเป็นผู้กำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์หรืออาจใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาดหรืออาจสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาจากค่าที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความพอเหมาะหรือค่าอุดมคติ เพื่อใช้เป็นแนวทางหรือบรรทัดฐาน (fixed ideal) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนา

(3.4) การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มจากการวัดความยาวจากปลายศูนย์ของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งของตัวอย่าง (sample score หรือ S) แล้วหารค่าที่ได้ด้วยความยาวจากปลายศูนย์ของเส้น ถึงจุดแสดงตำแหน่งของ “ค่าความพอเหมาะหรือค่าอุดมคติ (ideal score หรือ I) “นำค่าอัตราส่วน (S/I หรืออาจใช้สัญลักษณ์อื่นๆ) ของผู้ทดสอบแต่ละคนมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน (ratio mean score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation,S.D.) ค่าเฉลี่ยที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ยส่วน S/I มีความหมายดังนี้

ค่าเท่ากับ 1 มีความหมายว่าไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะนั้นๆ

ค่ามากกว่า 1 มีความหมายว่าจำเป็นต้องลดความเข้มข้นหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ

ค่าน้อยกว่า 1 มีความหมายว่าจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ

สำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation,S.D.) มีความหมายดังนี้

ค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าผู้ตอบจริงมีความเห็นพ้องกันในลักษณะนั้นๆ

ค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมมีความเห็นแตกต่างกันบ้างในลักษณะนั้นๆ

ถ้ามากกว่า 0.5 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมมีความเห็นแตกต่างกันมากในลักษณะนั้นๆ

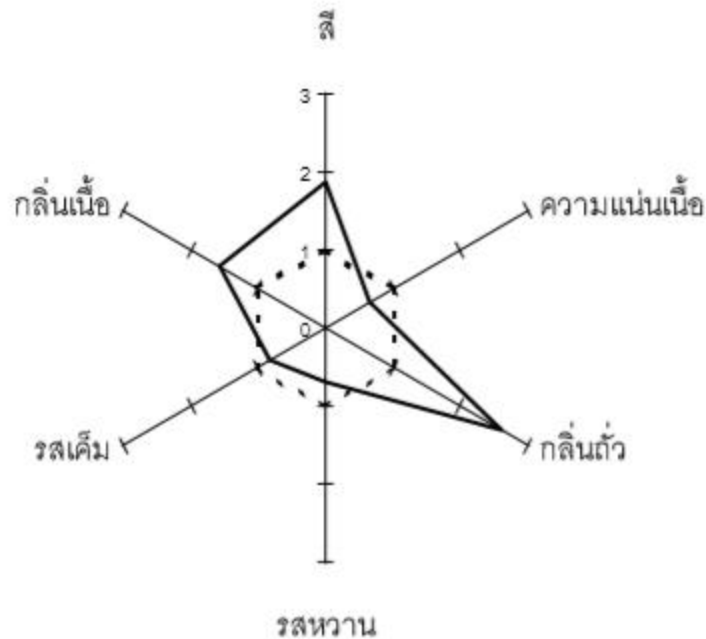
ดังนั้นนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้องนำผลการวิเคราะห์มาประกอบพิจารณาตัดสินใจดำเนินการในขั้นตอนต่อไปโดยเฉพาะกรณีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.5

ตัวอย่างเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ใส่เบอร์เกอร์ที่ผลิตจากถั่วเหลืองแสดงในตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.3 พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นต่อคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ในอุดมคติค่อนข้างสูงในเรื่องของกลิ่นถั่วและกลิ่นเนื้อมีความเท่ากับ 2.59 และ 1.56 นั่นคือความแรงกลิ่นถั่วและกลิ่นเนื้อมีความเกินไปสำหรับความแน่นเนื้อ รสหวานและรสเค็มของผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 0.69 และ 0.81 นั่นคือความแน่นเนื้อรสหวานและรสเค็มมีน้อยเกินไปผลสอดคล้องกับค่าสหสัมพันธ์ Pearson's Correlation ในตารางที่ 5.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความแน่นเนื้อ เพิ่มรสหวานและรสเค็มจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ถั่วมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภคและผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับข้อเสนอแนะจากผู้บริโภคที่ให้เพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์และลดกลิ่นเนื้อลงในการทดลองขั้นต่อไปพิจารณาเพิ่มปริมาณส่วนผสมเชื้อเทศซึ่งเป็นเครื่องปรุงรสที่มีรสชาติผสมผสานจากเดิม 45 กรัมเป็น 60 กรัมและลดกลิ่นเนื้อลงจาก 1 กรัมเป็น 0.5 กรัมและน้ำหนักส่วนผสมอื่นๆคงที่ (ศจี และคณะ, 2546a)

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีความเห็นที่แตกต่างกันบ้างในเรื่องความแน่นเนื้อที่น้อยเกินไปและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเท่ากับ 0.28 สำหรับสี รสหวานและรสเค็มมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคือ 0.69 และ 0.71 แสดงว่าผู้ทดสอบมีความเห็นแตกต่างกันค่อนข้างมากสำหรับกลิ่นถั่วและกลิ่นเนื้อซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนที่สูงมากคือ 4.89 และ 4.79 แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีความเห็นแตกต่างกันอย่างมากจำเป็นต้องทดสอบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสอื่นๆที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำกว่าทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

ตารางที่ 5.9 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใส่เบอร์เกอร์ที่ผลิตจากถั่วเหลือง

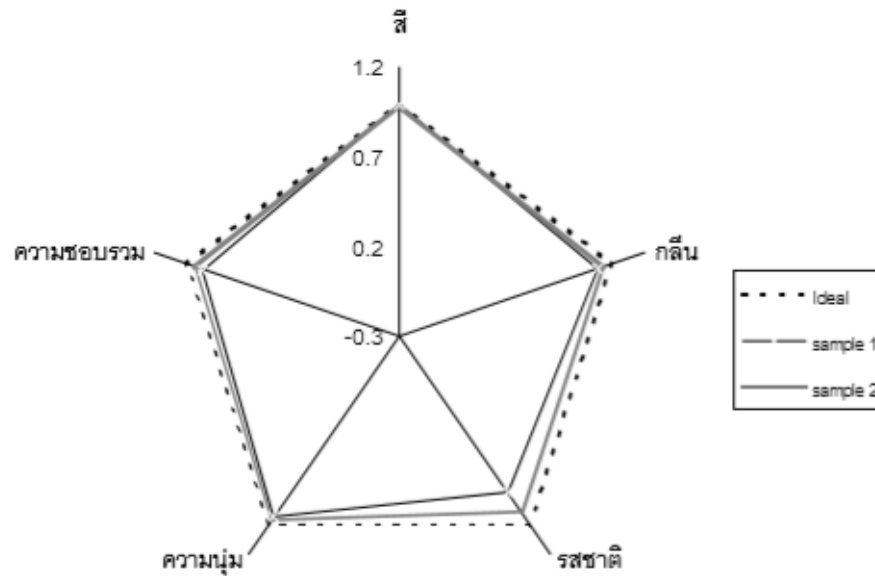
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	Ideal	Sample	Ratio	
			Mean	S.D
สี	5.37	5.09	1.85	4.03
ความแน่นเนื้อ	6.79	4.06	0.63	0.28
กลิ่นถั่ว	4.53	8.30	2.59	4.89
รสหวาน	5.16	2.76	0.69	0.69
รสเค็ม	5.15	3.28	0.81	0.71
กลิ่นเนื้อ	5.93	3.58	1.56	4.79



รูปที่ 5.10 การศึกษาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ไส้เบอร์เกอร์ที่ผลิตจากกล้วยเหลือง (ศจีและคณะ, 2546a)

(--- ค่าในอุดมคติ = 1; — ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา)

ตัวอย่างการศึกษาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ซูปข้าวกล้อง และ การปรับปรุงสูตรซูปข้าวกล้อง ดังรูปที่ 5.11 พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ มีความเห็นว่า รสชาติของผลิตภัณฑ์ยังคงแตกต่างจากค่าอุดมคติ และเสนอแนะว่าควรเพิ่มความเค็มของผลิตภัณฑ์อีกเล็กน้อย คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลักษณะสี ความนุ่ม และกลิ่นของผลิตภัณฑ์มีระดับความชอบใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์อุดมคติ ($p > 0.05$) ผู้วิจัยจึงปรับปรุงรสชาติซูปข้าวกล้อง โดยเพิ่มปริมาณซอสกล้วยเหลือง และเกลือคิดเป็นร้อยละ 1.2 และ 0.9 เมื่อทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ซูปข้าวกล้องที่ปรับสูตร พบว่าผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติของผู้บริโภคมากขึ้นทางด้านความชอบ สี กลิ่น รสชาติ และ ความนุ่มของเม็ดข้าว ($p > 0.05$) (ศจี และคณะ, 2546b)



รูปที่ 5.11 ค่าโครงของผลิตภัณฑ์ซูบข้าวกล้องแสดงอัตราส่วนจากการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

โดยผู้บริโภค (Ideal = ค่าในอุดมคติ ; sample1 = ผลิตภัณฑ์สูตรมาตรฐาน;

sample 2 = ผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงสูตร) (ศจี และคณะ, 2546b)

โดยสรุปจะเห็นได้ว่า วิธีการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยใช้ค่าอัตราส่วนในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีที่ง่ายต่อการวิเคราะห์และตีความ และใช้เวลาน้อย อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย ในกลุ่มนักพัฒนาผลิตภัณฑ์บางกลุ่ม เนื่องจากพบว่า การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาค่าอัตราส่วนมีข้อจำกัดดังนี้

- RPT เป็นวิธี การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ยึดความต้องการหรือความนิยมของผู้บริโภคเป็นหลัก ดังนั้นการสร้าง ideal product profile ควรสร้างจากข้อมูลความคิดเห็นจากกลุ่มตัวแทนผู้บริโภค

- เนื่องจากสเกลเส้นตรงที่ใช้เป็นเครื่องมือตัดสินลักษณะทางประสาทสัมผัสมีความไวมากผู้ใช้สเกลอาจไม่มีความคงที่ในการใช้สเกลทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อน และไม่แน่นอนดังนั้นกลุ่มผู้ ทดสอบชิมหรือประเมินผลิตภัณฑ์ควรได้รับการฝึกฝน หรือปฐมนิเทศวิธีการใช้สเกลก่อนทดสอบจริง

- ต้องใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสม จะช่วยในการจะช่วยให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างมีระบบและถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

- ความแม่นยำ(precision) ของวิธีการทดลองมีน้อย สังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อความคิดเห็นของกลุ่มผู้ทดสอบขัดแย้งกันมากในลักษณะใด(S.D.มีค่าสูง) ต้องใช้วิธีการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสวิธีอื่นๆ ที่ให้ความแม่นยำสูงกว่า

รหัสตัวอย่าง 346

ตัวอย่างแบบสอบถามการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้เบอร์เกอร์ที่ผลิตจากถั่วเหลือง

คำแนะนำ ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้เบอร์เกอร์ 5 ตัวอย่าง ทำการเสิร์ฟครั้งละ 1 ตัวอย่าง กรุณาสังเกตลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ ดมกลิ่น จากนั้นจึงเริ่มรับประทาน และระหว่างการทดสอบ แต่ละตัวอย่าง กรุณาบ้วนปาก และรับประทานแครกเกอร์ เพื่อทำความสะอาดช่องปาก และ ลบล้างกลิ่น รสที่ติดมากับตัวอย่าง ที่ทดสอบก่อนหน้านี้

กรุณาภาครื่องหมาย โดยขีดเส้นตรงตรงจุดที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน และมีความคิดเห็นที่เหมาะสมมีคำที่ใช้คือ " S" ใช้สำหรับบอกความมากน้อย กล้องลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ท่านมีต่อตัวอย่าง (sample) และ I ใช้สำหรับบอกความมากน้อย ของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ท่านต้องการ ให้มีในตัวอย่างนั้นๆ (ideal)ข้อมูลของท่านจะเก็บไว้เป็นความลับ การรวบรวมข้อมูลกระทำในลักษณะ ให้รหัสผู้ทดสอบและการรายงานผลจะเสนอในภาพรวม

1.สี

อ่อนเข้ม

ข้อเสนอแนะ.....

2.กลิ่น

อ่อนรุนแรง

ข้อเสนอแนะ.....

3.รสชาติ

จืดเข้มข้น

ข้อเสนอแนะ.....

4.เนื้อสัมผัส

ร่วนแข็ง

ข้อเสนอแนะ.....

คุณาระบุสิ่งที่ท่านพบ.....()ยอมรับ ()ไม่ยอมรับ

ถ้าท่านยอมรับ ท่านคิดว่าควรปรับปรุงลักษณะเด่นดังกล่าวนี้อย่างไร.

.....

5.8 การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

คุณภาพผลิตภัณฑ์ หมายถึง ความสม่ำเสมอในเรื่องของตัวผลิตภัณฑ์ เช่น ลักษณะปรากฏ สีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความปลอดภัยจากสารพิษต่างๆ รวมทั้งสารพิษจากจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายเป็นคุณลักษณะที่ไม่พึงปรารถนาในกระบวนการผลิตอาหารทุกชนิด รวมทั้งในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอทุกครั้งที่ผลิตจะไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดและผู้บริโภคทั้งที่เป็นผู้นำไปจำหน่ายหรือผู้ซื้อก็ตามและผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีความปลอดภัยจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและชีวิตของผู้บริโภค ดังนั้นนักพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารรวมทั้งผู้ประกอบการผลิตอาหารต้องถือเป็นหน้าที่ที่ต้องเรียนรู้ และให้ความร่วมมือในการผลิตอาหารที่มีมาตรฐานทางด้านคุณภาพการผลิตและความปลอดภัยปฏิบัติตามข้อกำหนดกฎระเบียบในการกำกับดูแลที่เป็นมาตรฐานโดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- (1) กำหนดลักษณะของวัตถุดิบวิธีแปรรูปวัตถุดิบ และลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวิธีเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
- (2) องค์ประกอบของอาหารและส่วนผสมอาหารที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์
- (3) การพัฒนาสูตร (formulation) ที่ต้องมีการบันทึกข้อมูลและเก็บรักษาข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบตลอดระยะเวลาของการพัฒนาสูตร
- (4) ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมตามประเภทผลิตภัณฑ์
- (5) การวางแผนขยายการผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่ต้องตรวจสอบและทบทวนกระบวนการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคงที่
- (6) การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สะอาดรวดเร็วปลอดภัย วิธีเคลื่อนย้ายไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์
- (7) การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งในแหล่งผลิตหรือในร้านค้าระหว่างรอจำหน่าย ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความสะอาดอันตรายและจุดวิกฤตของขั้นตอนต่างๆจนกระทั่งมั่นใจว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค

ปัจจัยต่างๆที่กล่าวข้างต้น เป็นสาระสำคัญส่วนหนึ่งในหลักการที่ควรยึดปฏิบัติคือแนวทางการผลิตอาหารตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดี(Good Manufacturing Practices, GMPs) (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)วิธีปฏิบัติที่ดีด้านสุขาภิบาลและการรักษาความ สะอาดของโรงงานผลิตอาหาร(Good Sanitation Practices,GSP's) (สมณฑา,2544) และการวิเคราะห์อันตรายและควบคุมจุดวิกฤต (Hazard Analysis and Critical Control Point,HACCP) (Shaw, 1996) ซึ่งแนวทางการผลิตอาหารตามหลักเกณฑ์วิธีการที่นี้จัดเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำที่นักพัฒนาผลิตภัณฑ์

ต้องดำเนินการเพื่อให้ได้อาหารที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคตามกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่ 193) พ. ศ. 2543 เรื่องวิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ใน

การผลิตและเก็บรักษาอาหาร โดยครอบคลุม 6 หมวด ได้แก่ 1 สถานที่ตั้งและอาคารผลิต 2 เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต 3 การควบคุมกระบวนการผลิต 4 การสุขาภิบาล 5 การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด และ 6 บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งทุกหมวดต้องให้ความสำคัญเท่าเทียมกัน

ตัวอย่างหมวดการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามต้องการและมีความสม่ำเสมอต้องมีกระบวนการควบคุมอย่างจริงจังดังนี้

(1) วัตถุดิบ ส่วนผสมต่างๆและภาชนะบรรจุ มีการคัดเลือกวัตถุดิบ ส่วนผสมต่างๆ และภาชนะบรรจุมีการล้างทำความสะอาด อย่างเหมาะสม ในบางประเภทที่จำเป็น และมีการเก็บรักษาอย่างเหมาะสมตามหลักสุขาภิบาลที่ดี

(2) มีการขนย้ายวัตถุดิบ ส่วนผสมภาชนะบรรจุ และบรรจุภัณฑ์ในลักษณะที่ไม่เกิดการปนเปื้อนในระหว่างการผลิตอาหาร

(3) น้ำ น้ำแข็ง ใอน้ำ ที่สัมผัสอาหารในกระบวนการผลิต ต้องใส สะอาด มีการขนส่งการเก็บรักษา และการนำ ไปใช้ในสภาพที่ถูกสุขลักษณะ คุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

(4) มีการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์และเก็บบันทึกไว้อย่างน้อย 2 ปี มีการคัดแยกหรือทำลายผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม มีการเก็บรักษาอย่างเหมาะสม มีการขนส่งในลักษณะที่ป้องกันการปนเปื้อนและป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์

(5) มีบันทึกผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ มีการแสดงชนิดและปริมาณการผลิตประจำวันและเก็บบันทึกไว้อย่างน้อย 2 ปี

5.9 อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ (shelf-life of product)

อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ หมายถึง ระยะเวลาที่เก็บผลิตภัณฑ์ไว้เพื่อรอการจำหน่าย หรือวางบนชั้นในร้านค้าจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Graf and Saguy,1991) หรือระยะเวลาที่เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ภายใต้สภาวะที่กำหนดและผลิตภัณฑ์ยังคงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค และมีลักษณะเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา (Kilcast and Subramaniam, 2000) การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญ และจะเป็นข้อมูลที่กำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคทราบ และเป็นประกันว่าในช่วงเวลาที่ระบุไว้นั้นผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพต่างๆ คงเดิมหรือแม้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย สี กลิ่น รสชาติ เป็นต้น

5.9.1 ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

การประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ลักษณะทางกายภาพเป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำหรือน้ำมันที่เกิดการแยกชั้น เป็นต้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ จำแนกออกได้เป็นปัจจัยภายใน(intrinsic factors)และปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) ดังนี้

(1) ปัจจัยภายในเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบ สูตรส่วนผสมและโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่า water activity (a_w) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณและชนิดของกรดในผลิตภัณฑ์ ปริมาณออกซิเจนในผลิตภัณฑ์ สารอาหารในผลิตภัณฑ์ วัตถุเจือปนเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อมีเอนไซม์และสารเคมีตามธรรมชาติในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

(2) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความดันในช่องว่างเหนืออาหาร สภาวะต่างๆที่แวดล้อมอาหารระหว่างกระบวนการแปรรูป ระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์ระหว่างจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในมือผู้บริโภค ตัวอย่างปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ระยะเวลาและอุณหภูมิ แสงและความร้อนจำนวนจุลินทรีย์ ส่วนประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ การดูแลผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ก่อนบริโภค เป็นต้น

ตัวอย่างการประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะที่มีอากาศร้อน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนประกอบผลิตภัณฑ์หลายชนิดในอัตราที่สูงขึ้น หรือการประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนในปริมาณมาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ประเภทไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและไขมันชนิดต่างๆกรดอะมิโน วิตามิน รังควัตถุบางชนิด สารให้กลิ่นรส สารประกอบฟีนอลสารอินทรีย์บางชนิดมีอายุการเก็บที่สั้นลง

การประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง การประเมินภายใต้สภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิห้องตามปกติของการเก็บรักษาและจำหน่ายผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโกดังทั่วไป ในทำนองเดียวกัน ถ้าผลิตภัณฑ์ต้องเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็งจำเป็นต้องทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะใกล้เคียงหรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสมเนื่องจากภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความชื้นหนืดที่อาจลดลงหรือเพิ่มขึ้น

การประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งควรสุ่มเก็บตัวอย่างและเลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมตามสภาพความเป็นจริง เช่น ในสภาวะที่เก็บรักษาในสถานที่ผลิตเป็นเวลานานๆ ควรใช้อุณหภูมิ -25 และ -30 องศาเซลเซียส หรือในสภาวะที่เก็บรักษาในระหว่างการรอจำหน่ายในร้านค้าปลีกจะใช้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และภายหลังจากผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์กลับไปเก็บรักษาในช่องแช่แข็งของตู้เย็นตามบ้านเรือน ดังนั้นความแตกต่างของอุณหภูมิในการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งในสภาพต่าง ๆ ดังกล่าว ส่งผลให้คุณภาพของอาหารแตกต่างกัน

จะเห็นได้ว่าปัจจัยภายใน และปัจจัยภายนอกอาจมีอิทธิพลร่วมกัน ดังนั้นการเข้าใจธรรมชาติของปัจจัยต่าง ๆ จะช่วยให้สามารถประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งอาจควบคุมได้ และสามารถกำจัดออกไปก่อนการผลิตและวางจำหน่ายจริง กรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ผู้จำหน่ายต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่เหลือน้อยเพียงพอสำหรับการจำหน่าย และเพียงพอสำหรับผู้บริโภคซึ่งอาจมีการเก็บผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาหนึ่งก่อนการบริโภค ดังนั้นถ้าผู้ผลิตกำหนดอายุการเก็บรักษาสินผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคก่อนกำหนดเวลาหมดอายุการเก็บรักษา และอาจทำให้เกิดการร้องเรียนจากผู้ค้าปลีกหรือผู้บริโภคเนื่องจากข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ (Graf and Saguy, 1991)

5.9.2. วันหมดอายุในผลิตภัณฑ์อาหาร

การระบุวันหมดอายุในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นข้อมูลที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคและผู้ผลิตผู้จำหน่ายสินค้า เมื่ออาหารนั้นเป็นอาหารที่มีความเสี่ยงสูงต่อเชื้อจุลินทรีย์และทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้หลังจากวันที่ระบุในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น อาหารสด นมและผลิตภัณฑ์จากนม ให้ใช้คำว่า 'วันหมดอายุ' หรือ 'expired date' หรือ 'use by' หรือ 'Sell by' (Kilcast and Subramaniam, 2000) หลายประเทศมีกฎหมายระบุให้แสดงอายุการเก็บรักษาสินผลิตภัณฑ์อาหารที่ปิดสนิทที่สามารถเก็บได้ช่วงเวลานานกว่า 18 เดือน เช่น อาหารแห้ง อาหารกระป๋อง โดยการระบุคำว่า 'ควรบริโภคก่อน' หรือ 'best before' ซึ่งเป็นวันที่ระบุว่าอาหารยังคงคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการในช่วงเวลาหนึ่งถ้ามีการเก็บรักษาอย่างเหมาะสมโดยสามารถบริโภคได้หลังจากวันที่ระบุ แต่ลักษณะปรากฏ หรือ คุณภาพเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปถ้าต้องการให้อาหารมีคุณภาพดีที่สุด ควรแนะนำวิธีการเก็บควบคุมไว้ระบุไว้ว่า 'best before' เช่น ขนมปังกรอบอาจมีลักษณะนิ่ม การแยกตัวของน้ำหรือน้ำมันของสลัดครีมและมายองเนสระหว่างการเก็บ การเสื่อมคุณภาพของผงฟูในแป้งเค้กสำเร็จรูปอาจทำให้เค้กไม่ขึ้นฟูระหว่างการอบ หรือสี กลิ่นรส ที่เป็นคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของวิตามินระหว่างการเก็บรักษาเครื่องดื่ม เป็นต้น

5.9.3. เกณฑ์กำหนดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหาร และวิธีการตรวจวัด

โดยทั่วไป การออกแบบทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารไม่ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะเป็นตัวอย่างทดสอบหรือผลิตภัณฑ์ต้นแบบก็ตาม ล้วนมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่าตัวอย่างดังกล่าวมีอายุการเก็บนานเพียงใด การศึกษาจะพิจารณาผลของปัจจัยภายใน ปัจจัยภายนอก หรือผลของปัจจัยร่วม ตัวอย่างเช่น ผลของอุณหภูมิต่อการเก็บผลิตภัณฑ์ ผลของการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ หรือการใช้สารเจือปนต่ออายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาคุณภาพหรืออายุการเก็บผลิตภัณฑ์จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ จึงนิยมใช้เกณฑ์ต่าง ๆ ที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นหมดอายุ โดยการพิจารณา 1 เกณฑ์ หรือมากกว่า ได้แก่ คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบชิมที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ทางเคมีกายภาพต่าง ๆ เช่น สี กลิ่น รสชาติลักษณะเนื้อสัมผัส การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื่องจากจุลินทรีย์ในระดับที่ทำให้อาหารไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคตัวอย่างแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสตลอดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต

ชนิดผลิตภัณฑ์	ลักษณะการเสื่อมเสีย	ระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงที่ อุณหภูมิห้อง
ช็อกโกแลตไม่ผสม (plain chocolate)	กลิ่นรสเหม็นหืน ความขมไม่ เปลี่ยนแปลง	12 เดือน
ช็อกโกแลตผสมชนิดต่าง	กลิ่นรสเหม็นหืน	12 เดือน
ช็อกโกแลตผสมนมเคลือบถั่ว	ถั่วอ่อนนุ่มลง ช็อกโกแลตมีกลิ่นรส เหม็นหืน	12 เดือน
ช็อกโกแลตผสมผลไม้แห้ง	ช็อกโกแลตมีกลิ่นรสเหม็นหืน (ผลไม้มีเนื้อสัมผัสแห้ง)	12 เดือน (24 เดือน)

เกณฑ์การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถตรวจวัดด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งแบ่งได้ 4 วิธี ดังนี้

- 1) วิธีการทำประสาทสัมผัส โดยอาศัยผู้ทดสอบชิมที่มีผ่านการฝึกฝน หรืออาจใช้ผู้ทดสอบที่ ผู้บริโภคทั่วไป การตรวจวัดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารด้วยวิธีนี้เป็น การรับรู้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากคะแนนเฉลี่ยการทดลองชิมที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง แต่มีข้อจำกัด ดังนี้

- สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก
- เสี่ยงอันตรายที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพิษซึ่งอาจเจริญเติบโตระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์
- เนื่องจากการเป็นการทดสอบอายุการเก็บประพันธ์ที่ใช้ระยะเวลาทดสอบต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน

อาจทำให้เกิดความแปรปรวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากตัวผู้ทดสอบ และผลที่ได้อาจคลาดเคลื่อน จำเป็นต้องควบคุมกระบวนการทดสอบอย่างดีเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล ดังนั้นในการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีความแม่นยำถูกต้อง ควรใช้ตัวอย่างควบคุม ซึ่งอาจเป็นตัวอย่างมาตรฐาน หรือตัวอย่างอ้างอิงที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา และการควบคุมคุณภาพตัวอย่างมาตรฐาน หรือตัวอย่างให้มีคุณภาพคงที่นิยมใช้วิธีการแช่แข็ง แต่ในบางกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์สดไม่สามารถควบคุมมาตรฐานความสดของผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไว้ได้ ควรนำวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analysis) มาใช้

- 2) การตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องมือ วิธีนี้มีประโยชน์มากในกรณีที่การทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่สามารถทำได้ ซึ่งตัวแปรที่ตรวจวัดโดยวิธีทางนี้จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ตรวจวัดด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ค่าสีที่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องวัดสี จะมี (Colorimeter) ความแข็ง ความเหนียว ความหนืด ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) และเครื่องรีโอมิเตอร์ (rheometer) กลิ่นและรสชาติตรวจวัดด้วยจมูกไฟฟ้าหรือเครื่องดมกลิ่น (Electronic Nose / biosensor / sniffing Port olfactometry) เป็นต้น

ตัวอย่างวิธีตรวจวัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavor) ในอาหารโดยสกัดสารที่อยู่ในผลิตภัณฑ์นำไปผ่านเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี หรือเครื่องดมกลิ่น (sniffing Port olfactometry) และเครื่องระบุชนิดของสารตามน้ำหนักโมเลกุล (Mass spectrometry) หรือตัวอย่างการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น ตรวจวัดความแข็ง ความกรอบ ความเหนียว และการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องมือนี้ สามารถนำมาศึกษาความสัมพันธ์ร่วมกับข้อมูลจากการตรวจวัดทางประสาทสัมผัสที่ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนให้ทดสอบผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

3) การวิเคราะห์ทางเคมี การเปลี่ยนแปลงในอาหารเกิดจากปฏิกิริยาเคมีอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร ตัวอย่างเช่น การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ และปริมาณไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์

4) การตรวจวัดทางจุลชีววิทยาแบ่งได้ 2 วิธี คือ วิธีตรวจวัดเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการให้อาหารเสื่อมเสียหรือเน่าเสีย และวิธีการตรวจเชื้อจุลินทรีย์เป็นพิษ ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้แก่ ค่า water activity อุณหภูมิในการเก็บผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาในการเก็บผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น

5.9.4. การประเมินและติดตามอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

วิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนั้น ทำได้โดยการศึกษาข้อมูลในอดีตของผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันหรือมีลักษณะส่วนประกอบคล้ายคลึงกัน จากสื่อสิ่งพิมพ์ หรือข้อมูลเดิมภายในบริษัท หรืออาจติดตามสุ่มเก็บตัวอย่างในระหว่างขั้นตอนที่สำคัญของการพัฒนา หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยตรงเพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพและบันทึกเป็นข้อมูลตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมจนกว่าคุณภาพดังกล่าวจะไม่ใช่ที่ยอมรับ ดังนั้น อายุการเก็บสูงสุดของผลิตภัณฑ์ คือ ระยะเวลารวมที่คุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับจนกระทั่งสิ้นสุดการยอมรับ การประเมินอายุการเก็บ ของผลิตภัณฑ์ควรใช้ระยะเวลาสั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้าในการนำเสนอผลิตภัณฑ์สู่ตลาด การสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระทำได้ในขั้นตอนสำคัญของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. ขั้นตอนการผลิตระดับทดลอง (kitchen/ pilot scale production) ซึ่งเป็นการพัฒนาสูตรพัฒนากระบวนการผลิต หรือพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ วิธีทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้อาจใช้การแยกความแตกต่างโดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน
2. ขั้นตอนที่มีการทดลองผลิตระดับอุตสาหกรรมซึ่งยังไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง (full scale factory batch/ pre-production run) การประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะและอายุการเก็บรักษาที่คล้ายคลึงกับสุพรรณที่จะทำการผลิตเพื่อจำหน่ายในขั้นต่อไป

3. ขั้นตอนที่มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง (continuous production trial/ full production run) ในการประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขั้นตอนนี้ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอ้างอิงเพื่อนำเสนอผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด
4. ช่วงเวลาที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ (continuous launch) เป็นการศึกษาช่วงเวลาเฉลี่ยที่ผลิตภัณฑ์อยู่บนชั้นขายปลีก โดยติดตามการซื้อขายจากร้านค้าปลีก อย่างไรก็ตามวิธีการนี้สามารถประมาณอายุการเก็บเกี่ยวพันธ์ที่เป็นที่ยอมรับในช่วงเวลาหนึ่งจากช่วงเวลาหนึ่งเฉลี่ยบนชั้นขายปลีกเท่านั้น ไม่สามารถประเมินอายุการเก็บรักษาที่แท้จริงของประพันธ์ได้

วิธีการวางแผนประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นพื้นฐานเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องควรวางแผนสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากโกดังเก็บรักษา หรือร้านค้าปลีกในช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยเริ่มจากวันผลิตจนกระทั่งเวลาที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์หมดอายุ นำมาทดสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการเพื่อหาจุดเสื่อมสภาพ (end point study) ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถประมาณอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมเนื่องจากเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมจริง โดยทั่วไปจะสุ่มตัวอย่างทุก 20% ของระยะเวลา อย่างไรก็ตามอาหารที่มีอายุการเก็บสั้นอาจทำการตรวจสอบทุกวัน หรือทุกสัปดาห์จนกว่าผลิตภัณฑ์จะมีสภาพไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษายาวนานเช่น ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องมีอายุการเก็บประมาณ 2 ปี ช่วงเวลาของการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บอาจกำหนดทุก ๆ 2 เดือน เป็นต้น

5.9.5. การประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยวิธีพยากรณ์ (predicting shelf-life)

1. การทดสอบอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง (accelerated shelf-life testing, ASLT)

การทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง (ASLT) ใช้หลักการพยากรณ์อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ควบคุมและเร่งปัจจัยภายนอกที่ทราบค่าและกำหนดให้อยู่ในระดับสูงกว่าปกติ 1 ปีปัจจัยหรือมากกว่า 1 ปีปัจจัย (เช่น อุณหภูมิ ความชื้น) ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียในอัตราเร็วขึ้น (accelerated shelf life) ภายในระยะเวลาสั้นๆ (Lubuzza and Schmidl., 1985) วิธีการนี้มีประโยชน์ในการประเมินผลของสภาวะแวดล้อมต่ออายุการเก็บของประพันธ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือมีการเปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์ หรือเมื่อประพันธ์มีอายุการเก็บนานเกินกว่า 1 ปี เป็นต้น การประเมินการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอายุการเก็บนานนั้น ถ้าต้องการข้อมูลที่แท้จริงอาจใช้เวลานานหลายปี ดังนั้นการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งจะช่วยให้สามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์สู่ตลาดได้ตามกำหนดเวลา แต่อย่างไรก็ตาม การยืนยันผลการพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่ง ต้องอาศัยข้อมูลเสริมจากการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะปกติด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างการเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์อาหารระหว่าง 0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องสลับไปมา จะเร่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของแป้งและน้ำเกิดการแยกตัว แต่เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านวงจรดังกล่าว 30 ครั้ง เกินกว่า 2 เดือนโดยไม่มีการแยกตัวของแป้งและน้ำ อาจสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความคงตัวที่อุณหภูมิห้องนานกว่า 2 ปี

วิธีทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยา มาเป็นเวลานานสำหรับอุตสาหกรรมอาหารนั้นไม่นิยมใช้แพร่หลาย เนื่องจากมีข้อจำกัดในการนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท ตัวอย่างเช่น การเพิ่มอุณหภูมิในระยะการบ่ม (aging) อาจเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟส (phase) หรือเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพบางชนิด ที่ทำให้การพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์คลาดเคลื่อน นั่นคือ ผลิตภัณฑ์อาจมีอายุการเก็บสั้นกว่าหรือยาวนานกว่าอายุการเก็บที่พยากรณ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า การตีความผลการทดสอบที่ได้จึงต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง ตัวอย่างเช่น

- 1.1. การใช้อุณหภูมิสูง ทำให้องค์ประกอบของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างอสัณฐานเกิดการตกผลึก อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่พยากรณ์จะสั้นกว่าอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง และการใช้อุณหภูมิสูงจะไปเร่งปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยกรด (Acid hydrolysis) ของแป้งในอาหารที่คงตัวทั่ว ๆ ไปอีกด้วย
- 1.2. การใช้อุณหภูมิสูง อาจทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ มีผลทำให้ปฏิกิริยาหว่าโซอะมิโนเพิ่มขึ้นหรือลดลง การพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์อากาศต่ำกว่าหรือยาวนานกว่าอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่แท้จริง
- 1.3. การใช้อุณหภูมิสูง ทำให้อัตราการเสื่อมเสียของไขมันน้อยกว่าที่คาดไว้ เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายของแก๊ส โดยเฉพาะออกซิเจนในไขมันลดลงประมาณ 25% ดังนั้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง เป็นผลให้การพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไขมันยาวนานกว่าความเป็นจริงที่อุณหภูมิการเก็บปกติ
- 1.4. การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส จะทำให้การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสในอัตราเร็วขึ้น 2 เท่า ส่วนการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียสทำให้การแยกของน้ำหรือน้ำมันเกิดเร็วขึ้น 4 เท่า และทำให้ดีบุก ละลายออกมาจากกระป๋องที่ไม่ได้เคลือบแลคเกอร์ง่ายขึ้น การเก็บผักดองและซอสที่ 55 องศาเซลเซียส นาน 4-6 สัปดาห์ ทำให้ผักดองและซอสไม่คงตัว ทั้ง ๆ ที่ผลิตภัณฑ์อาจคงตัวเป็นเวลานานที่อุณหภูมิปกติ เป็นต้น
- 1.5. ในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งจะมีลักษณะการเสื่อมสภาพ หรือการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูงและต่ำสลับไปมาในขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ในสภาพที่แช่แข็ง (storage defects) คือขนาดของผลึกน้ำแข็งที่โตขึ้น ดังนั้นการใช้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิการเก็บผลิตภัณฑ์ลบ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิการเก็บปกติจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลึกน้ำแข็งที่รวดเร็วกว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า -25 องศาเซลเซียส เป็นต้น

2. การเลียนแบบสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์ (shelf simulation)

การเลียนแบบสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์เป็นการนำหลักคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อประมาณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ทั้งระบบ โดยมีการตั้งสมมติฐาน อธิบายโดยใช้หุ่น (model) ทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยตัวแปรต่างๆ เช่น ตัวผลิตภัณฑ์ สภาวะแวดล้อม ระบบการบรรจุ เป็นต้น

วิธีพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์วิธีเลียนแบบนี้มีข้อดี คือประหยัดระยะเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้ภายในระยะเวลาสั้นเช่นเดียวกับการทดสอบอายุการเก็บในสภาวะเร่ง ตัวอย่างการตั้งสมมติฐานอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เช่น

- อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นซึ่งเป็นสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของบรรยากาศที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
- วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่าง เช่น พลาสติกหรือ พลาสติกเคลือบหรือ กระดาษลามิเนต มีอิทธิพลต่อการซึมผ่านของออกซิเจน ในผลิตภัณฑ์ประเภทไขมัน เป็นต้น

คำถามท้ายบท

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีความสำคัญอย่างไรในการประกอบธุรกิจ
2. จงอธิบายขั้นตอนที่สำคัญการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ
3. นักพัฒนาผลิตภัณฑ์นำผลการประเมินและทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไร
4. การศึกษาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในลักษณะพรรณนามีความเหมาะสมเพียงใด อธิบายเหตุผลและเทคนิคใดที่นิยมใช้ในการศึกษาเค้าโครงผลิตภัณฑ์
5. ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ การแตกต่างจากผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคอย่างไร
6. วิธีทดสอบเพื่อประเมินความแตกต่างของคุณภาพผลิตภัณฑ์ แบ่งได้กี่ประเภท อธิบายโดยสังเขป
7. จงอธิบายวิธีทดสอบเชิงพรรณนา(descriptive test) ว่าเป็นอย่างไร และแบ่งเป็นวิธีการใดบ้าง
8. จงอธิบายหลักการ Ratio Profile ในการทดสอบเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ และการตีความผลการทดสอบ
9. "การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบ มีสาระสำคัญที่เป็นส่วนหนึ่งในหลักการ ที่ควรยึดถือปฏิบัติ คือ แนวทางการผลิตอาหารตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดี และวิธีปฏิบัติที่ดีด้านสุขาภิบาลและการรักษาความสะอาดของโรงงานผลิตอาหาร" ขอให้ยกตัวอย่างสาระในกระบวนการควบคุม การผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และสรุปสั้นๆให้เข้าใจความ
10. จงอธิบายความหมายของอายุการเก็บผลิตภัณฑ์
11. ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จำแนกเป็นปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก จยกตัวอย่างการประเมินอายุการเก็บ ของผลิตภัณฑ์ที่มีปัจจัยเหล่านี้เข้ามาเกี่ยวข้อง
12. การระบุวันหมดอายุในผลิตภัณฑ์อาหาร มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใด และเป็นประโยชน์อย่างไร
13. จงยกตัวอย่าง เกณฑ์กำหนดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้ 3 ชนิด
14. การประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยวิธีการพยากรณ์มีประโยชน์อย่างไร
15. การนำวิธีการประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยวิธีการพยากรณ์ มีข้อจำกัดในการใช้ทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารประเภทใด ยกตัวอย่าง

เอกสารอ่านประกอบ

- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. คู่มือผลิตอาหารเพื่อเศรษฐกิจชุมชน(ฉบับปรับปรุง). สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 244 หน้า.
- ศจี สุวรรณศรี, จันทิมา ธนานิธิศักดิ์, นพมาศ วรเนตร์, ชลธิชา ดือราแม, เพชรรุ้ง เสนานุช และ ศิริวงษ์ นิ่มนงค์. 2546a. การพัฒนาไส้เบอร์เกอร์จากถั่วเหลือง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 20 หน้า.
- ศจี สุวรรณศรี, มนต์รี มาละ และอมรรัตน์ โมรราราช. 2546b. การวิจัยและพัฒนาซุซข้าวกล้องพร้อมบริโภค. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 22 หน้า.
- ศิริลักษณ์ สีนธวัลย์, 2531. การใช้ Ratio profile test ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 18 (1): 11 - 22 .
- สุมณฑา วัฒนสินธุ์ . 2544. คู่มือความปลอดภัยของอาหาร(ฉบับกระเป๋) สำหรับพนักงานผลิตและบริการอาหาร นักเรียน นักศึกษาและประชาชน. นนทบุรี : บริษัทเอส. บี.บี ซีเนส จำกัด. 74 หน้า.
- อมรรัตน์ โมรราราช. 2547. การเสริมธาตุเหล็กในข้าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 186 หน้า.

- Earle, M. D. 1988. Outline of the product development. In Product and Process Development in Food Industry. M. D. Earle and A. M. Anderson (Eds) . Switzerland : Harwood Academic Publishers, Chur. pp.41-48.
- Earle, M. and Earle, R. 1999. Creating New Foods : The Product Developer's Guide. Chandos Publishing (Oxford) Limited. England. 190 pp.
- Graf, E. and Saguy, I. S. 1991. Food Product Development : From Concept to the Marketplace. USA: AVI. Chapman & Hall, York. P. 55.
- Han, J. K. 2003. Permeability and shelf life. In Seminar Workshop on Shelf-life and Shelf -life Dating of Foods 11-12 September. T. W. Downes (Ed.) . School of Packaging, USA: Michigan University. PKG 815
- . International Commission on Microbiological Specification for Foods. 1988. Microorganisms in Food 1. Their significance and methods of enumeration, 2nd edition. University of Toronto Press, Canada. 436 pp.
- Kilcast, D. and Subramaniam, P. (Eds.) , 2000. The Stability and Shelf -life of food. USA: CRC Press, Boca Raton. 340 pp.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., and Carr, B. T. 1999. Sensory Evaluation Techniques 3rd . USA: CRC Press LLC, Florida. place. 231-263.
- Vanderzant, C. and Splittstoesser, D. F. 1992. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. 3 edition. American Public Health Association Washington, D. C. 1,219 p.