

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปาล์มสาคุ

ปาล์มสาคุเป็นพืชที่เจริญได้ดีในที่น้ำขังและพื้นที่ป่าพรุ และพบมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยเฉพาะประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย และในแถบอเมริกาใต้ (กล้านรงค์ และคณะ, 2542) สำหรับประเทศไทยนั้นปาล์มสาคุเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในฐานะพืชหลักในพื้นที่ชุ่มน้ำและป่าพรุซึ่งพบตั้งแต่จังหวัดชุมพรถึงจังหวัดนราธิวาส (นิพนธ์, 2550) พบมากที่จังหวัดนราธิวาส นครศรีธรรมราช ปัตตานี พัทลุง และตรัง โดยจังหวัดนราธิวาสมีพื้นที่ป่าพรุประมาณ 200,000 ไร่ (ธนิตย์, 2545) และจังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ป่าพรุประมาณ 165,825.50 ไร่ (สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2550) ปาล์มสาคุนั้นมีหลายสายพันธุ์ สายพันธุ์ที่สำคัญคือ *Metroxylon sago* ปาล์มสาคุสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว มีความสูงเพิ่มขึ้น ปีละประมาณ 1.5 เมตร สามารถตัดลำต้นได้เมื่อต้นมีอายุ 7-15 ปีขึ้นไป เมื่อปาล์มสาคุเจริญเต็มที่ภายในลำต้นจะมีแบ่งเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 40 ซึ่งเป็นการสะสมแบ่งไว้ใช้เป็นแหล่งอาหารในการสร้างผล ปาล์มสาคุจะออกดอกและติดผลเพียงครั้งเดียวและจะตายลง ปาล์มสาคุจะถูกตัดในช่วงก่อนที่มีดอกหรือเริ่มมีดอก (กล้านรงค์ และคณะ, 2542) ชาวบ้านนำส่วนต่างๆ ของปาล์มสาคุมาใช้ประโยชน์ได้มาก โดยเฉพาะมีการสกัดแบ่งจากลำต้นเพื่อใช้ประกอบอาหารและเลี้ยงสัตว์ ต้นปาล์มสาคุ 1 ต้น ให้แบ่งสาคุประมาณ 150 - 300 กิโลกรัม

2.1.1 ขั้นตอนการสกัดแบ่งสาคุ

ขั้นตอนการสกัดแบ่งสาคุมีหลายวิธีซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้าน เริ่มจากการเอาเปลือกนอกที่แข็งของต้นสาคุออก เหลือส่วนที่เป็นไส้ที่มีแบ่งแทรกอยู่ในเส้นไม้มาก นำมาถูด้วยไม้ถูที่เป็นแผ่นกระดานขนาดเท่าฝ่ามือ ตอกด้วยตาตะปูเป็นแถวเต็มทั้งแผ่น มีด้ามยื่นพอถนัดมือ เมื่อถูไส้สาคุจะแตกเป็นผงหยาบๆ นำไส้ผงหยาบนั้นมาใส่ในผ้าแล้วขยี้ในน้ำ แบ่งจะแยกออกจากเส้นไม้ลดครู่ผ้าตกตะกอนที่ก้นภาชนะรองรับ เมื่อรินน้ำทิ้งจะได้แบ่งสาคุที่พร้อมนำไปเป็นอาหารได้ แบ่งสาคุที่แช่น้ำสามารถเก็บไว้ใช้ได้เป็นปีเพียงแค่ควรรินน้ำทิ้งทุกวัน ยิ่งรินน้ำบ่อยแบ่งจะยิ่งสะอาดโดยไม่ต้องฟอกสี หรือเตรียมแบ่งโดยใช้เครื่องบดไส้สาคุให้เป็นผงเล็ก (นิพนธ์, 2550) หรือนำลำต้นมาลอกเปลือกออก บดและนวดกับน้ำ 30 นาที จะได้แบ่งออกมากับน้ำ กรองหยาบเพื่อแยกเส้นใย นำแบ่งมาล้างในเครื่องกรองและทำให้แห้งด้วยลมร้อน (กล้านรงค์ และคณะ,

2542) หรือการผ่าลำต้นปาล์มสาคุเป็น 2 ซีก ใช้ลิ้มลองเปลือกออกเป็นบางส่วน แยกส่วนของไส้ ลำต้นและป็นละเอียดโดยใช้เครื่องมือคล้ายจอบ หรือคล้ายขวานส่วนคมทำมุมฉากกับด้าม หรือ ชูด้วยแผ่นไม้ตอกตะปู แล้วคั่นแบ่งออกจากไส้กลางลำต้น ปั่นให้ละเอียด แยกส่วนกากโดยใช้ ตะแกรง ปล่อยให้แบ่งตกตะกอน ซึ่งในขั้นตอนการปั่นไส้ของลำต้นให้ละเอียดจะเกิดการหมักทำให้มีกลิ่นคล้ายกรดและแบ่งมีสีเป็นรอยต่าง (พีระศักดิ์ และคณะ, 2544) นอกจากนี้ขั้นตอนวิธีการ สกัดที่แตกต่างกันแล้ว ความแตกต่างของสายพันธุ์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดยังมีผลต่อสีของ แบ่งสาคุด้วย เนื่องจากภายในลำต้นของปาล์มสาคุในส่วนของคอร์เท็กซ์จะประกอบด้วยสารฟีนอล (phenolic compound) สีของแบ่งจึงสามารถเกิดได้จากการทำงานของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส (phenoloxidase) หรือปฏิกิริยาเคมีของสารฟีนอลกับธาตุเหล็กระหว่างการสกัด (กล้าณรงค์ และ คณะ, 2542) จากปัจจัยหลายๆ อย่างทำให้แบ่งสาคุมีสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการ

คุณค่าทางอาหารของแบ่งสาคุจะมีคาร์โบไฮเดรตอยู่เกือบทั้งหมด มีโปรตีน วิตามิน เกือบแต่เพียงเล็กน้อย แทบจะไม่มีไขมัน แคโรทีน และไทอามีนอยู่เลย ซึ่งองค์ประกอบหลักใน 100 กรัม ของแบ่งสาคุเปรียบเทียบกับแบ่งสาลี แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบหลักใน 100 กรัม ของแบ่งสาคุเปรียบเทียบกับแบ่งสาลี

องค์ประกอบของ น้ำหนักแห้ง 100 กรัม	ชนิดของแบ่ง		
	แบ่งสาคุ ¹	แบ่งสาคุ ²	แบ่งสาลี ³
พลังงาน (Kilocalories)	401.5	-	320.85
ความชื้น (กรัม)	-	10.8 - 20.0	14
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	92.5	-	64
โปรตีน (กรัม)	1.5	0.19 - 0.25	12.5
ไขมัน(กรัม)	0.5	0.1 - 0.13	1.65
ใยอาหาร (กรัม)	1.5	0.26 - 0.32	2.5

¹ พีระศักดิ์ และคณะ (2544)

² Ahmad และคณะ (1999)

³ กล้าณรงค์ และเกื้อกุล (2546)

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีรายงาน

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากแป้งสาคุ

ส่วนใหญ่การใช้ประโยชน์จากแป้งสาคุจะใช้บริโภค และจัดจำหน่ายภายในท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณรวมกันต่ำกว่าร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งในตลาดโลก แป้งสาคุจัดเป็นอาหารหลักโดยเฉพาะในนิวกินีมีการนำมาประกอบอาหารโดยการนำแป้งสาคุมาต้ม ทอด หรือปิ้งเพียงอย่างเดียวหรือผสมกับอาหารอื่นๆ ทำให้ได้อาหารหลายชนิดที่สามารถเก็บได้นานแตกต่างกันไปในประเทศอินโดนีเซียและมาเลเซียมีการนำแป้งสาคุใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม และใช้ในการผลิตเค้ก คุกกี้ เส้นก๋วยเตี๋ยว และขนมแห้งต่างๆ เป็นต้น ในสหรัฐอเมริกาใช้แป้งสาคุในการทำคัสตาร์ด (ฟิรศักดิ์ และคณะ, 2544) ชาวญี่ปุ่นและชาวจีนนำแป้งสาคุไปผสมกับแป้งชนิดอื่นในการทำขนมพุดดิ้ง ขนมปัง เส้นก๋วยเตี๋ยว ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด ใช้แทนแป้งข้าวเหนียว และใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บด (Jisctrade, 2007; Abd-Aziz, 2002) ส่วนชนบททางภาคใต้ของประเทศไทยมีการนำแป้งสาคุมาใช้ประกอบอาหาร เช่น สาคุหน้ากะทิ สาคุบวช ขนมจาก ขนมกวน ลอดช่อง ข้าวเกรียบปากหม้อ ขนมจีน เส้นบะหมี่ และขนมหน้าแตก เป็นต้น (นิพนธ์, 2550)

งานวิจัยที่ศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งสาคุยังมีเผยแพร่ค่อนข้างน้อย ได้แก่ งานวิจัยของสุพรรณพันธ์ และนพรัตน์ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวปลา ข้าวเกรียบปลา และแครกเกอร์จากแป้งสาคุ พบว่า อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งสาคุที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวปลาเท่ากับ 75:25 เนื่องจากมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด ในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากแป้งสาคุ พบว่า ปริมาณแป้งสาคุที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนร้อยละ 20 และการใช้เนื้อปลาร้อยละ 40 เป็นที่ยอมรับมากที่สุด ส่วนการผลิตแครกเกอร์ พบว่า การใช้แป้งสาคุต่อแป้งสาคุในอัตราส่วน 85:15 และเนื้อปลาปนร้อยละ 3 เป็นที่ยอมรับมากที่สุด นอกจากนี้ สุพรรณพันธ์ และนพรัตน์ (2547) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของแป้งสาคุและเนื้อปลาทูน่าอีกด้วย พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของแป้งสาคุร้อยละ 10 และเนื้อปลาทูน่าร้อยละ 5 มากที่สุด เนื่องจากมีลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี ความกรอบอยู่ในระดับดี และมีกลิ่นรสของเนื้อปลาชัดเจน

ขณะที่ Purwani และคณะ (2006) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งสาคุในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว โดยศึกษาแป้งสาคุจาก 4 แหล่ง คือ Tuni, Molat, Pancasan และ Ihur ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาคุ พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งสาคุจากแหล่งต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 14 – 17 ซึ่งเป็น

ช่วงปริมาณความชื้นในแป้งทางการค้า แป้งสาคุทุกตัวอย่างมีปริมาณเถ้าต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.18 – 0.27 และมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำเช่นกัน คือ ร้อยละ 0.25 – 0.48 และ 0.03 – 0.12 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาผลการให้ความชื้นร่วมกับให้ความร้อนแก่แป้งสาคุที่มีต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งสาคุที่ผ่านการให้ความชื้นร่วมกับให้ความร้อนมีคุณภาพที่สูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งสาคุปกติ โดยจะมีความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นมากกว่า แต่มีค่าความเหนียวน้อยกว่า เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งสาคุที่ผ่านการให้ความชื้นร่วมกับให้ความร้อนมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งสาคุปกติ อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากแป้งสาคุในประเทศไทยยังไม่ได้ได้รับความสนใจมากนัก และยังคงมีการผลิตเพื่อใช้ประโยชน์ในระดับครัวเรือน ไม่มีการผลิตแป้งสาคุในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากแป้งสาคุเป็นที่รู้จักและมีการใช้กันเพียงบางท้องถิ่นในจังหวัดภาคใต้เท่านั้น

2.2 คุกกี้(cookie)

คุกกี้ (cookie) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลี มีรูปร่างและกลิ่นรสต่างๆ กัน คุกกี้บางชนิดหนา บางชนิดบาง บางชนิดมีสีอ่อนและแก่ บางชนิดตกแต่งด้วยผลไม้และพวกนัท ถั่วต่างกันไป (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) การผลิตคุกกี้สามารถทำได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับเทคนิคและขั้นตอนการผลิตของผู้ผลิต การเรียกชื่อนั้นคุกกี้จะแตกต่างกันออกไป ชาวอเมริกันเรียกว่า คุกกี้ (cookie) แต่ชาวยุโรป เรียกว่า บิสกิต (biscuit) (Noel, 1988)

2.2.1 ชนิดของคุกกี้

คุกกี้มีหลายชนิด เนื่องจากมีสูตร วิธีการเตรียมและการอบที่แตกต่างกัน (Payne, 1995) โดยคุกกี้สามารถแบ่งตามวิธีการทำได้เป็น 5 ชนิด

1) **คุกกี้หยอด (dropped cookie)** คุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมค่อนข้างเหลวคล้ายส่วนผสมของเค้ก ซึ่งจะประกอบด้วยน้ำตาลร้อยละ 35 – 40 ไขมันร้อยละ 65 – 75 และไข่ร้อยละ 15 – 25 โดยน้ำหนักแป้ง แป้งที่ใช้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.5 – 8.5 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.38 – 0.42 มีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.8 – 6.0 ซึ่งไขมันและน้ำตาลเป็นตัวช่วยเพิ่มความนุ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ (Pylar, 1988) การเตรียมคุกกี้จะใช้วิธีการหยอดส่วนผสมลงบนถาดเป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) เมื่ออบแล้วคุกกี้ที่ได้จะมีลักษณะกลมมนตรงกลาง เนื่องจากส่วนผสมของคุกกี้ชนิดนี้จะค่อนข้างเหลว ทำให้คุกกี้ที่ได้มักมีรูปร่างไม่คงที่และไม่สม่ำเสมอ (ศรีสมร, 2538)

2) **คุกกี้ม้วน (rolled cookie)** คุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมเหมือนกับคุกกี้หยอด จะใช้วิธีการคลึงแบ่งเป็นแผ่นบางๆ ถ้าแบ่งนุ่มจะคลึงยาก จากนั้นตัดด้วยพิมพ์รูปร่างต่างๆ ซึ่งสามารถทำเป็นรูปแปลกๆ ได้หลายอย่าง สามารถตกแต่งคุกกี้ให้สวยงาม โดยตกแต่งก่อนหรือหลังอบด้วยช็อกโกแลตเช่นเดียวกับการแต่งหน้าขนมเค้ก คุกกี้มีลักษณะกรอบร่วน นุ่มนวล ไม่กรอบกระด้าง และไม่ค่อยหวาน (ศรีสมร, 2538)

3) **คุกกี้ปั้น (molded cookie)** คุกกี้ชนิดนี้จะประกอบด้วยน้ำตาลร้อยละ 40 – 50 และไขมันร้อยละ 35 – 40 โดยน้ำหนักแบ่ง ลักษณะของแบ่งจะนุ่มแต่ไม่เหนียว (Pylar, 1988) คุกกี้แบบนี้มีวิธีทำคล้าย rolled cookies มีข้อแตกต่างกัน คือ ขึ้นรูปด้วยการปั้นด้วยมือหรือใส่ลงในถ้วยหรือแบบพิมพ์ เมื่อนำคุกกี้ออกจะได้คุกกี้ที่มีรูปร่างตามพิมพ์ คุกกี้แบบนี้จึงมีความเป็นสามมิติมากกว่าแบบอื่น หรือปั้นเป็นท่อนกลมยาว นำไปแช่เย็นจนแข็งตัวแล้วหั่นเป็นชิ้นบางๆ ซึ่งคุกกี้ที่มีการขึ้นรูปแบบนี้จะเรียกว่า คุกกี้หั่น (slice cookie) (ป้าเจียบ, 2546) คุกกี้ที่ได้มีลักษณะกรอบแข็ง (ศรีสมร, 2538)

4) **คุกกี้กด (pressed cookie)** คุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมเหมือนกับคุกกี้หยอด แต่จะใช้วิธีการกดผ่านกระบอกกดคุกกี้หรือผ่านหัวบีบให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ ถ้ากดด้วยกระบอกกดคุกกี้ปริมาณของเหลวในแบ่งผสมควรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพื่อให้ส่วนผสมอ่อนตัวและกดง่าย แต่ยังสามารถคงรูปร่างอยู่ได้ในระหว่างการอบ (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) คุกกี้ชนิดนี้เป็นแบบที่มีไขมันเป็นส่วนผสมมากกว่าชนิดอื่นๆ (ศรีสมร, 2538)

5) **คุกกี้แท่ง (bar cookie)** คุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมเหมือนกับคุกกี้หยอด และมีวิธีการเตรียมแตกต่างจากคุกกี้ชนิดอื่น คือ การนำแบ่งมาผสมแล้วใส่ถาด แล้วเกลี่ยหน้าให้เรียบ โดยอบขนมทั้งถาดแบบเดียวกับเค้ก แต่ถาดที่ใช้ออบจะตื้นกว่าถาดอบเค้ก เมื่ออบเสร็จแล้วจึงนำมาตัดเป็นชิ้นโดยนิยมตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือเป็นแท่ง (ศรีสมร, 2538) คุกกี้แบบนี้จะมีลักษณะของเค้กและคุกกี้ผสมกัน

2.2.2 วัตถุดิบที่ใช้ทำคุกกี้

คุกกี้สามารถแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ออกเป็น 2 ประเภท คือ คุกกี้ที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลักซึ่งส่วนผสมและวิธีผสมของคุกกี้ประเภทนี้จะเหมือนเค้ก ต่างจากเค้กตรงที่คุกกี้มีของเหลวน้อยกว่า เพื่อให้ส่วนผสมข้นพอที่จะทำรูปร่างต่างๆ ได้ ขณะที่คุกกี้ที่มีส่วนผสมของไข่เป็นหลักจะต่างจากคุกกี้ชนิดแรกทั้งวิธีการผสม และมีปริมาณไข่ในสูตรมากกว่า เพื่อช่วยจับอากาศระหว่างการผสมเพียงพอที่จะเป็นโครงสร้างให้คุกกี้ (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทำคุกกี้ มีดังต่อไปนี้

1) **แป้ง** ควรเป็นแป้งสาลีชนิดที่มีโปรตีนปานกลางหรือมีโปรตีนต่ำ คือ แป้งเค้กหรือแป้งสาลีอเนกประสงค์ แป้งทั้งสองชนิดนี้เหมาะสำหรับทำคุกกี้ เพราะทำให้คุกกี้มีความกรอบทน สามารถเก็บไว้ได้นาน (ทิพาวรรณ, 2550)

2) **ไขมัน** คุกกี้ที่ทำด้วยไขมันจะต้องตีไขมันให้ขึ้นฟู (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) ซึ่งไขมันเป็นตัวทำให้เส้นใยในส่วนผสมสั้นลงทำให้คุกกี้นุ่ม คุกกี้สามารถใช้ไขมันได้หลายชนิด ได้แก่ เนยขาว เนยสด และมาร์การีน ซึ่งจะทำให้คุกกี้มีลักษณะต่างกัน

- เนยสด จะตีให้ขึ้นฟูได้น้อยกว่าเนยขาวและมาร์การีน และคุกกี้ที่ได้มีเนื้อแน่นกว่าคุกกี้ที่ใช้ไขมันจากเนยขาวและมาร์การีน แต่เนยสดให้สี รสชาติ กลิ่นดีกว่า

- มาร์การีน จะตีขึ้นฟูได้มากกว่าเนยสด กลิ่นรสใกล้เคียงกับเนยสด แต่มีราคาถูกกว่า

- เนยขาว จะตีขึ้นฟูได้มากที่สุด คุกกี้ที่ได้จะเบา กรอบร่วน แต่ไม่ได้กลิ่นรสเหมือนใช้เนยสดหรือมาร์การีน และมีสีอ่อนกว่า ดังนั้นคุกกี้ที่ใช้เนยขาวจึงต้องเติมกลิ่นรส ถ้าต้องการให้คุกกี้มีกลิ่นรสที่ดี อาจใช้เนยสดผสมเนยขาวหรือมาร์การีนก็ได้ (ทิพาวรรณ, 2550)

3) **ไข่** โดยปกติไข่ทั้งฟอง ซึ่งช่วยเสริมโครงสร้างของคุกกี้ ไข่แดงจะช่วยสร้างทั้งโครงสร้างและความอ่อนนุ่มของคุกกี้ เนื่องจากไข่แดงมีไขมันอยู่มาก ส่วนไข่ขาวช่วยสร้างโครงสร้าง เพราะมีโปรตีน และทั้งไข่แดงและไข่ขาวก็ช่วยให้แป้งมีความชุ่มชื้น (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) คุกกี้ที่ใส่ไข่จะมีความกรอบ นุ่มนวลกว่าชนิดไม่ใส่ไข่ ไข่ช่วยในการปรุงรสชาติ สี ทำให้ขึ้นฟูแข็งตัว และทำให้น้ำมันรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกับของเหลว ขนาดของไข่ไก่ควรมีขนาดใหญ่ปานกลาง (ไข่ 1 ฟองหนัก 50 กรัม) (ทิพาวรรณ, 2550)

4) **น้ำตาล** น้ำตาลที่ใช้ควรเป็นน้ำตาลทรายชนิดเม็ดละเอียด จะเป็นตัวช่วยให้อากาศแทรกในเนื้อเนยได้มากยิ่งขึ้น มีความโปร่งฟูพอเหมาะ และช่วยทำให้แป้งมีความคงตัวดีขึ้น ส่วนการใช้น้ำตาลทรายเม็ดหยาบจะทำให้คุกกี้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และขยายตัวได้มากกว่า น้ำตาลทรายชนิดละเอียด (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) น้ำตาลที่นิยมใช้ทำคุกกี้ (ทิพาวรรณ, 2550) คือ

- น้ำตาลไอซิ่ง เป็นน้ำตาลที่ป่นละเอียดผสมแป้งข้าวโพดประมาณ 3 % เพื่อไม่ให้น้ำตาลจับตัวเป็นก้อน

- น้ำตาลทรายแดง เป็นน้ำตาลที่ไม่ฟอกสี มีสีน้ำตาล ลักษณะเป็นผงละเอียด ละลายง่าย มีความชื้นสูง บางครั้งติดกันเป็นก้อน ทำให้คุกกี้มีกลิ่นรสและสีที่ดี

5) **สิ่งที่ช่วยให้ขึ้นฟูในคุกกี้** ช่วยควบคุมการขยายตัว หรือควบคุมขนาดของคุกกี้ ทำให้มีปริมาตรและความฟู (ทิพาวรรณ, 2550)

- เบคกิ้งโซดา เหมาะสำหรับคุกกี้ที่มีส่วนผสมที่ให้ความเป็นกรด เช่น คุกกี้ผลไม้ คุกกี้น้ำตาล คุกกี้ช็อกโกแลต เป็นต้น คุกกี้จะขยายตัวทั้งด้านบนและด้านล่าง มีรูปทรงที่ดี เนื่องจากเบคกิ้งโซดาทำให้กลูเตนในแป้งอ่อนตัว

- ผงฟูเป็นสารช่วยขึ้นฟูอีกชนิดที่นิยมใส่คุกกี้ ควรใช้ชนิดที่ออกฤทธิ์ 2 เท่าตัว ทำให้คุกกี้มีลักษณะฟูเบา แผ่ขยายตัวได้ดี

6) **ของเหลว** น้ำหรือนมเป็นของเหลวที่จำเป็นในการทำให้เกิดกลูเตนซึ่งเป็นโครงร่างของคุกกี้ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมความเหนียวของแป้งอีกด้วย (ทิพาวรรณ, 2550)

7) **ส่วนผสมอื่นๆ** เป็นส่วนผสมที่เติมเข้าไปในสูตรพื้นฐาน เพื่อให้ส่วนผสมดีขึ้น เช่น นมผงช่วยให้ดูเข้มข้นขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใช้กลิ่นรส สี สำหรับปรุงแต่งทำให้คุกกี้น่ารับประทาน (ทิพาวรรณ, 2550)

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบของคุกกี้ (Payne, 1995)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบของคุกกี้มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดยคุณภาพของคุกกี้สามารถตรวจวัดได้จากการแผ่ตัว ปริมาตร และเนื้อสัมผัสของคุกกี้ คุณภาพเหล่านี้มีความสัมพันธ์ต่อลักษณะพิเศษของผลิตภัณฑ์ ซึ่งคุณภาพในด้านการแผ่ตัวของคุกกี้มีความสำคัญมากที่สุด จะมีผลโดยตรงต่อขนาดของคุกกี้ ทำให้เกิดปัญหาในด้านบรรจุภัณฑ์และการขนส่ง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการแผ่ตัวของคุกกี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำ ลักษณะของแป้ง (สมบัติการดูดซับน้ำ ปริมาณโปรตีน ชนิดของแป้ง และการฟอกสีโดยใช้คลอรีน) ชนิดและปริมาณของสารให้ความหวาน ปริมาณของไขมัน การใช้สารเสริมคุณภาพของแป้งหรือแป้งดัดแปร ความเป็นกรดต่างของแป้งโดและผลิตภัณฑ์สุดท้าย วิธีการเตรียม และส่วนผสมอื่นๆ เช่น ข้าวโอ๊ต มะพร้าว whole wheat และผลไม้แห้ง เป็นต้น

กลไกการเปลี่ยนแปลงของระบบคุกกี้เริ่มขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการผสม โดยแป้งโดคุกกี้จะถูกผสมด้วยวิธีผสม 3 ขั้นตอน คือ (1) นำไขมันและน้ำตาลมาตีเข้าด้วยกันจนเป็นครีมที่เรียบเนียน ซึ่งไขมันเป็นส่วนผสมที่จะเก็บเซลล์อากาศไว้ในระหว่างการตีครีม ทำให้ส่วนผสมเบาและฟูตัวขึ้น (2) เติมส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่น ไข่ นม น้ำ แล้วตีผสมต่อไป (3) เติมแป้งลงไปทำการผสมอย่างรวดเร็ว ขั้นตอนนี้อาจใช้เวลาผสมนาน โปรตีนในแป้งจะรวมตัวกับน้ำเกิดเป็นกลูเตนขึ้นทำให้แป้งโดเหนียว คุกกี้ที่ได้จะมีการขยายตัวได้น้อย

ส่วนผสมคุกกี้ที่ได้จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลวที่มีระดับปริมาณน้ำน้อย ซึ่งรวมถึงปริมาณของน้ำตาลและเกลือที่จะละลายด้วย โดยปริมาณน้ำของระบบเป็นเพียงส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำตาล บางครั้งมีน้อยเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำตาลที่จะละลายในส่วนผสมที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง โดยการผสมในสภาวะที่ใช้แป้งที่มีโปรตีนต่ำ มีน้ำในระบบน้อยและมีปริมาณน้ำตาลสูง จะทำให้กลุ่มเตนในระบบคุกกี้เกิดการรวมตัวกับน้ำไม่สมบูรณ์ และไม่พัฒนาต่อไปเป็นโครงร่างแหในระหว่างการผสม นอกจากนี้เซลล์ไขมันที่จับฟองอากาศไว้ในระหว่างการตีครีม จะมีผลึกของน้ำตาลที่ไม่ละลายเกาะติดอยู่ ทำให้มีปริมาณน้ำน้อยลง ส่วนผสมคุกกี้จึงมีความหนืดสูงที่อุณหภูมิห้อง และจะไม่สามารถไหลได้ภายใต้แรงโน้มถ่วง

เมื่อส่วนผสมคุกกี้ได้รับความร้อนในระหว่างการอบ ไขมันที่กระจายตัวอยู่เกิดการละลายเป็นน้ำมันโดยเริ่มจากผิวภายนอกเข้าสู่ภายในก้อนคุกกี้ ทำให้แป้งโดภายในมีความหนืดลดลง มีการไหลตามแรงโน้มถ่วง อากาศที่ถูกจับไว้ในเซลล์ไขมันจะถูกปล่อยออกมาและสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูจะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในส่วนที่เป็นของเหลว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันของก๊าซภายในฟองอากาศมากขึ้น ทำให้ก้อนโดมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ขนาดใหญ่ขึ้น ขณะที่อุณหภูมิภายในคุกกี้สูงขึ้น น้ำในระบบสามารถละลายผลึกน้ำตาล ทำให้ส่วนผสมมีสมบัติเป็นของไหลมากขึ้น ขณะเดียวกันโปรตีนในแป้งเมื่อได้รับความร้อนจะสามารถดูดซับน้ำได้ดีขึ้นและเกิดโครงสร้างที่เป็นร่างแหมากขึ้น สตาร์ชจะเปลี่ยนเป็นเจล โปรตีนในไข่หรือเนยจะแข็งตัว ทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงของคุกกี้ การแผ่ขยายตัวของคุกกี้ขณะอบจะดำเนินต่อไปจนกว่าโครงสร้างร่างแหของโปรตีนจะแข็งแรงพอที่จะทำให้ความต้านทานต่อการขยายตัวของคุกกี้มีค่าเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่ไม่สามารถขยายตัวต่อไปได้อีก ณ จุดนี้เรียกว่า cookie 'set' point ในช่วงสุดท้ายของการอบคุกกี้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลและโปรตีนในส่วนผสม ทำให้คุกกี้มีสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมและรสชาติดี

เมื่อนำคุกกี้ออกจากเตาอบ คุกกี้จะยังร้อนและมีความชื้นอยู่มากในระหว่างการทำให้เย็น โครงสร้างคุกกี้จะแข็งขึ้นเมื่อน้ำตาลแข็งตัวและหลังจากนั้นไขมันก็แข็งตัวขึ้นเช่นกัน เนื่องจากไอน้ำภายในระเหยออกไปจนถึงจุดสมดุลระหว่างความชื้นภายในและภายนอกขึ้นคุกกี้ เพราะถ้าความชื้นไม่สมดุลจะเกิดเป็นรอยเส้นบางๆ คล้ายรอยร้าวขึ้นที่บนผิวของคุกกี้ หรือทำให้คุกกี้แตกหักได้

2.2.4 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของคูกี้

สมบัติทางกายภาพของคูกี้ส่วนใหญ่ที่นิยมตรวจสอบ ได้แก่

1. **การแผ่ตัว (spread ratio)** เป็นลักษณะปรากฏของคูกี้สำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำ ลักษณะของแป้ง (สมบัติการดูดซับน้ำ ปริมาณโปรตีน ชนิดของแป้ง และการฟอกสีโดยใช้คลอรีน) ชนิดและปริมาณของสารให้ความหวาน ปริมาณของไขมัน การใช้สารเสริมคุณภาพของแป้งหรือแป้งดัดแปร ความเป็นกรดต่างของแป้งโดและผลิตภัณฑ์สุดท้าย วิธีการเตรียม และส่วนผสมอื่นๆ เช่น ข้าวโอ๊ต มะพร้าว whole wheat และผลไม้แห้ง ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการแผ่ขยาย ทำให้คูกี้มีขนาดและความหนาผิดไป (Payne, 1995) เช่น การที่คูกี้มีส่วนผสมของน้ำตาลมาก แป้งที่ใช้มีโปรตีนน้อย จะทำให้คูกี้ขยายตัวมาก (จิตธนา และอรอนงค์, 2546) โดยค่าการแผ่ตัว (spread ratio) คำนวณได้จากความกว้างหารด้วยความหนาของคูกี้ (AACC, 1983)

2. **ความหนาแน่น (density)** จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและน้ำหนัก โดยคำนวณได้จากการนำน้ำหนักของคูกี้หารด้วยปริมาตรที่วัดได้ (Cauvain และ Young, 2006) การวัดปริมาตรของคูกี้้นั้นสามารถทำได้โดยใช้หลักการแทนที่เมล็ดพืชกลมขนาดเล็กด้วยชิ้นคูกี้และอ่านค่าปริมาตรคูกี้เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3. **ปริมาณความชื้น (moisture content)** เป็นสิ่งที่สำคัญที่จะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยวัดปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไปในระหว่างการทำแห้งที่อุณหภูมิ 105 - 130 °C (Wade, 1995) คูกี้ควรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 การที่มีคูกี้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำ จะทำให้คูกี้มีอายุการเก็บที่ยาวนาน (Cauvain และ Young, 2006)

4. **สีของคูกี้** เนื่องจากสีเป็นลักษณะสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยวัดจากสีของพื้นผิวของคูกี้ (Wade, 1995) อาจเทียบจาก The Munsell Book of color หรือวัดด้วยเครื่องวัดสี (Cauvain และ Young, 2006)

5. **เนื้อสัมผัส (Texture)** โดยส่วนใหญ่จะวัดค่าแรงกดแตกของคูกี้ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) โดยค่าแรงกดแตกที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับความกรอบของคูกี้ (Cauvain และ Young, 2006) เช่น อริสรา และอรอุมา (2550) วัดค่าแรงกดของคูกี้ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัดเบอร์ P/0.25s ใช้แรงกด 5 kg ความเร็วในการกด 10 mm/s กดจากผิวคูกี้เป็นระยะทาง 5 mm ซึ่งถ้าค่าแรงกดที่วัดได้มีค่ามาก แสดงว่าโครงสร้างแหของแป้งยึดเกาะกันแน่น

2.3 การใช้แบ่งชนิดอื่นทดแทนแบ่งสาธิตในผลิตภัณฑ์คุกกี

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์คุกกีเป็นที่นิยมมากขึ้น คุกกีส่วนใหญ่ใช้แบ่งสาธิตเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง โดยนำเข้ามารูปของเมล็ดข้าวสาธิตแล้วโรงงานจะนำมาไม่เป็นแบ่งสาธิต ต่อมาในปี 2547 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวสาธิตประมาณ 8,125 ไร่ ได้ให้ผลผลิตข้าวสาธิตประมาณ 800 ตัน ซึ่งปริมาณที่ผลิตได้ยังถือว่าน้อยมากและไม่เพียงพอับความต้องการใช้ในประเทศ ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ปัจจุบันเมล็ดข้าวสาธิตและแบ่งสาธิตที่นำเข้ามาราว 2 ใน 3 จะผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค ส่วนที่เหลือราว 1 ใน 3 จะใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ ซึ่งสัดส่วนการบริโภคแบ่งสาธิตเพื่อการบริโภคแยกออกได้เป็นขนมปังและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้อยละ 35 บะหมี่สำเร็จรูปร้อยละ 30 บิสกิตร้อยละ 10 และที่เหลืออีกร้อยละ 25 เป็นการใช้ในลักษณะอเนกประสงค์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2550) มูลค่าการนำเข้าข้าวสาธิตและผลิตภัณฑ์จากข้าวสาธิตแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มูลค่าการนำเข้าข้าวสาธิตและผลิตภัณฑ์จากข้าวสาธิต (ล้านบาท)

ประเภทการนำเข้า	ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ม.ค.-ส.ค.2548
ข้าวสาธิต	6,512.43	6,297.51	8,159.00	5,807.18
แบ่งข้าวสาธิต	599.78	488.26	603.91	796.6
เมล็ดหักและแบ่งหยาบของข้าวสาธิต	5.95	6.53	10.26	0.15
สตาร์ชจากข้าวสาธิต	70.92	95.38	95.35	57.94
กลูเตนจากข้าวสาธิต	854.34	933.42	556.7	305.22
ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่*	42.39	54.43	55.21	30.44
รวม	8,085.80	7,875.53	9,480.44	6,997.54

ที่มา : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2550)

*ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ประกอบด้วย ขนมปังกรอบ ขนมปังขิง รัสค์และขนมปังปิ้ง

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่ามูลค่าการนำเข้าข้าวสาธิตและผลิตภัณฑ์จากข้าวสาธิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงมีการศึกษาการใช้แบ่งชนิดอื่นทดแทนแบ่งสาธิตในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น คุกกีได้แก่ แบ่งข้าวหอมนิล แบ่งเผือก แบ่งเม็ดขนุน เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดของการศึกษาดังนี้

อริสรา และอรอุมา (2550) ศึกษาการใช้แบ่งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในคุกกี้ โดยใช้แบ่งข้าวหอมนิลที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 180 ไมโครเมตร การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า แบ่งข้าวหอมนิลมีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.18, 3.76, 10.27, 7.25, 1.18 และ 69.17 ตามลำดับ เมื่อแปรรูประดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งข้าวหอมนิลในปริมาณร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนัก พบว่า แบ่งข้าวหอมนิลสามารถทดแทนแป้งสาลีได้สูงสุดถึงร้อยละ 50 และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด คุกกี้ที่มีการทดแทนด้วยแบ่งข้าวหอมนิลจะมีปริมาณโปรตีนและไขมันมากกว่า มีสีเข้มมากกว่า แต่มีค่าความแข็งน้อยกว่าคุกกี้ที่ใช้แป้งสาลีล้วน

ศิริธร และอุไรวรรณ (2545) ศึกษาการใช้แบ่งเมล็ดขนุนชนิดพีริเจลาติในช็อคโกแลตทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย โดยศึกษาอัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนต่อแป้งสาลี 5 ระดับ คือ 0:100, 30:70, 50:50, 70:30 และ 100:0 ผลการทดสอบการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความแข็ง และความชอบโดยรวม พบว่า คุกกี้เนยที่ใช้อัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนต่อแป้งสาลีที่ระดับ 50:50 ได้คะแนนสูงกว่าสูตรอื่น โดยมีคะแนนการยอมรับโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.06 จากคะแนนเต็มเท่ากับ 9.00

McWatters และคณะ (2003) ศึกษาผลของการใช้แบ่งสาลี แบ่ง fonio และแบ่งถั่วพุ่ม (cowpea) ต่อลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ พบว่า คุกกี้ที่ใช้แบ่งสาลีล้วนมีการแผ่ขยายตัวสูงสุด แต่คุกกี้ที่ใช้แบ่งสาลีร้อยละ 75 และแบ่งถั่วพุ่มร้อยละ 25 มีการแผ่ขยายตัวต่ำสุด และคุกกี้ที่มีส่วนผสมของแบ่งถั่วพุ่มจะมีความแข็งมากกว่าคุกกี้ที่มีส่วนผสมของแบ่ง fonio เมื่อทดสอบการยอมรับ พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่ง fonio และแบ่งถั่วพุ่มไม่มีผลต่อการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส แต่มีผลต่อการยอมรับในด้านกลิ่นรสและความชอบโดยรวม โดยคุกกี้ที่ใช้แบ่ง fonio ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 50 มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากคุกกี้ที่ใช้แบ่งสาลีล้วน ในขณะที่การทดแทนในระดับอื่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ขณะที่ Akpapunam และ Darbe (1994) ศึกษาการใช้แบ่งผสมของแบ่งข้าวโพดและแบ่งถั่วหรั่ง (bambara groundnut) ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ในอัตราส่วนของแบ่งข้าวโพดต่อแบ่งถั่วหรั่งเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 พบว่า คุกกี้ที่มีส่วนผสมของแบ่งถั่วหรั่งจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น คุกกี้ที่ใช้แบ่งถั่วหรั่งล้วนมีการแผ่ขยายตัวต่ำสุด เนื่องจากแบ่งชนิดนี้มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้สามารถต้านทานการแผ่ตัวได้ดี เมื่อทดสอบการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า คุกกี้ที่มีส่วนผสมของแบ่งข้าวโพดได้รับการยอมรับในทุกด้านไม่แตกต่างจากคุกกี้ที่ใช้แบ่งสาลีล้วน ผู้บริโภคยอมรับคุกกี้ที่ใช้

แป้งถั่วเหลืองน้อยกว่าคูกี้ที่ใช้แป้งข้าวโพด เนื่องจากคูกี้ที่ใช้แป้งถั่วเหลืองจะมีเนื้อสัมผัสที่แน่นเนื้อมาก และมีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี

นอกจากนี้ยังมีการใช้แป้งข้าวคีนัว (quinoa) ในผลิตภัณฑ์คูกี้ โดยแปรระดับการทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 พบว่า เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวคีนัวทำให้คูกี้มีการแผ่ขยายตัวลดลง ค่าความสว่างของผิวคูกี้ด้านบนลดลง การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏลดลง โดยการทดแทนสูงสุดที่ผู้บริโภคยอมรับได้ คือ การทดแทนร้อยละ 20 นอกจากนี้การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวคีนัวที่ร้อยละ 30 จะทำให้คูกี้ที่ได้มีรสขมตกค้างหลังกลืน (Lorenz และ Coulter, 1991)

นอกจากการใช้แป้งชนิดอื่นในการทดแทนแป้งสาลี เพื่อลดการใช้แป้งสาลีแล้วยังมีวัตถุประสงค์อื่นอีก เช่น เพื่อเสริมโปรตีนในคูกี้ โดยการใช้แป้งถั่วเขียวผิวน้ำมัน แป้งถั่วเขียวผิวดำ และแป้งถั่วมะแฮะทดแทนแป้งสาลี โดยแปรระดับการทดแทนออกเป็นร้อยละ 10, 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก พบว่า คูกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวผิวดำร้อยละ 10 แป้งถั่วเขียวผิวน้ำมันร้อยละ 20 และแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 10 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสสูงที่สุด โดยมีคะแนนในระดับชอบมาก เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคูกี้ที่ได้ พบว่า มีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 7.45, 8.49 และ 7.56 ตามลำดับ และมีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 32.84, 26.82 และ 28.47 ตามลำดับ (สมชาย และคณะ, 2541) หรืออีกวัตถุประสงค์หนึ่ง คือ เพื่อลดไขมันในคูกี้ โดยใช้สารละลายแป้งบุกเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ทดแทนปริมาณเนยสดบางส่วนในอัตราส่วนของสารละลายแป้งบุกต่อเนยสดเป็น 0:100, 25:75, 30:70, 35:65, 40:60 และ 45:55 โดยน้ำหนัก พบว่า การเพิ่มปริมาณสารละลายแป้งบุกทดแทนเนยสดส่งผลให้คูกี้มีลักษณะเนื้อแน่นขึ้น และมีการแผ่ขยายตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยคูกี้ที่ใช้สารละลายแป้งบุกและเนยสดในอัตราส่วน 25:75 และ 30:70 มีความหนาแน่น ความกรอบ และความเกาะยึดตัวไม่แตกต่างกัน และมีคุณภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (อดิศักดิ์ และคณะ, 2541)

2.4 สถิติขั้นสูงในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์

สถิติขั้นสูงที่ใช้ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การวิเคราะห์กลุ่ม และการสร้างผังความชอบ มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis) เป็นเทคนิคการลดจำนวนตัวแปร โดยสร้างชุดของตัวแปรใหม่ให้เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเดิม จำนวน

ตัวแปรใหม่ที่สร้างขึ้นจะต้องไม่เกินจำนวนตัวแปรเดิม เช่น กรณีที่มีตัวแปรเดิม p ตัว จำนวนตัวแปรใหม่เท่ากับ m ตัว โดย $m \leq p$ (กัลยา, 2548ก) โดยตัวแปรใหม่ที่สร้างขึ้นจะต้องสกัด หรือดึง รายละเอียด หรือค่าความแปรปรวนจากตัวแปรเดิมมาไว้ให้ได้มากที่สุด โดยจะให้ PC_i แทนตัวแปรใหม่หรือองค์ประกอบหลักที่ i ; $i = 1, 2, \dots, p$ การสร้าง PC_i มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้าง PC_1 หรือองค์ประกอบหลักที่ 1 ซึ่งเป็นตัวแปรใหม่ตัวแปรแรก โดยให้ PC_1 เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเดิมทั้ง p ตัว และจะต้องสกัดหรือดึงค่าความแปรปรวนจากตัวแปรทั้ง p ตัวมาไว้ใน PC_1 ให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้ PC_1 มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับ PC_i อื่นๆ

ขั้นที่ 2 การสร้างองค์ประกอบหลักที่ 2 หรือ PC_2 จะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเดิมทั้ง p ตัว และสกัดรายละเอียดหรือความแปรปรวนจากที่เหลือจากตัวแปร PC_1 โดยจะต้องสกัดความแปรปรวนที่เหลือจาก PC_1 มาไว้ใน PC_2 ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และ PC_2 จะต้องไม่มีความสัมพันธ์กับ PC_1 หรือจะต้องตั้งฉาก (orthogonal) กับ PC_1

ขั้นที่ k การสร้างองค์ประกอบหลักที่ k หรือ PC_k จะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเดิมทั้ง p ตัว และสกัดรายละเอียดหรือความแปรปรวนจากที่เหลือจากตัวแปร $PC_1, PC_2, \dots, PC_{k-1}$ มาไว้ใน PC_k ให้มากที่สุด และ PC_k จะต้องไม่มีความสัมพันธ์กับ $PC_1, PC_2, \dots, PC_{k-1}$

ขั้นที่ p การสร้างองค์ประกอบหลักที่ p หรือ PC_p จะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเดิมทั้ง p ตัว โดย PC_p จะมีความผันแปรของตัวแปรเดิมที่เหลือจาก $PC_1, PC_2, \dots, PC_{p-1}$ และไม่มี ความสัมพันธ์กับ $PC_1, PC_2, \dots, PC_{p-1}$

จากขั้นตอนดังกล่าวจะทำให้ ค่าความแปรปรวนของ PC_1 มีค่ามากที่สุดและค่าความแปรปรวนของ PC จะลดลง จนทำให้ค่าความแปรปรวนของ PC_p ต่ำสุด หรือ $\text{Var}(PC_1) \geq \text{Var}(PC_2) \geq \dots \geq \text{Var}(PC_p)$ (กัลยา, 2548ก)

การพิจารณาจำนวนองค์ประกอบหลักที่เหมาะสมมีแนวทางในการพิจารณาดังนี้ (กัลยา, 2548ก)

1) พิจารณาจากร้อยละความแปรปรวนสะสม ถ้าร้อยละความแปรปรวนสะสมขององค์ประกอบหลัก m ตัวแรก เท่ากับร้อยละ 80 เป็นอย่างต่ำ ควรให้จำนวนองค์ประกอบหลักเท่ากับ m โดยที่ $m < p$

2) ใช้กราฟ scree ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบหลักที่เหมาะสม โดยการพล็อตค่าไอเกน และพิจารณากราฟ scree คือ ถ้าองค์ประกอบหลักตัวที่ $m+1$ มีค่าไอเกน

ต่ำมากเมื่อเทียบกับตัวที่ m หรือค่าไอเก้นลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่ควรพิจารณาองค์ประกอบหลักตัวที่ $m+1, \dots, p$ หรือควรมีองค์ประกอบหลัก m ตัวเท่านั้น

3) ให้พิจารณาจากค่าไอเก้น (eigenvalues) หมายถึง ความผันแปรหรือความแปรปรวนทั้งหมดในตัวแปรเดิมที่สามารถอธิบายได้ (ค่าไอเก้น คือ ผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบร่วมในแต่ละองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1 จึงถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักที่แท้จริง) ซึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของตัวแปรเดิม ถ้าตัวแปรเดิม p ตัวมีความสัมพันธ์กันมาก จะทำให้ได้ตัวแปรใหม่ที่มีค่าไอเก้นมาก แต่ถ้าตัวแปรเดิมมีความสัมพันธ์กันน้อย ทำให้จำนวนองค์ประกอบหลักจะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับจำนวนตัวแปรเดิม

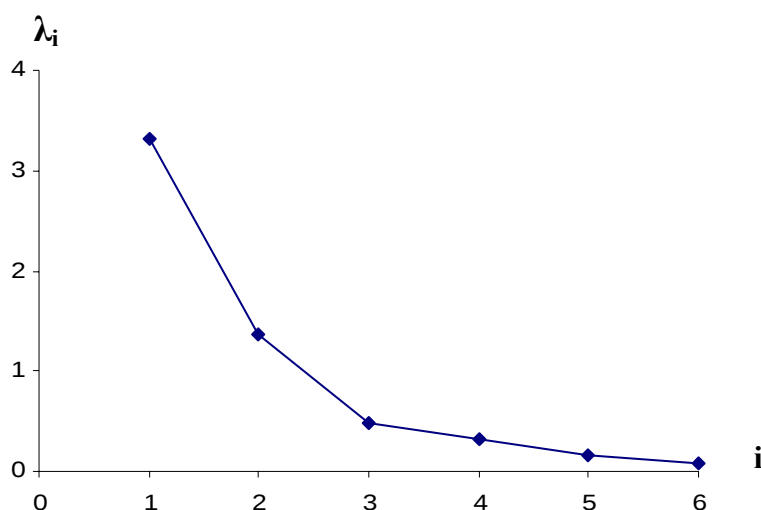
ตัวอย่างการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบหลักจากจำนวนตัวแปรเดิม 6 ตัว ($p=6$) จึงสร้างองค์ประกอบหลักได้ 6 ตัว โดยมีค่าไอเก้นและสัดส่วนความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สัดส่วนความแปรปรวนของตัวอย่างการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบหลัก

องค์ประกอบหลัก	ค่าไอเก้น	สัดส่วนความแปรปรวน $= \lambda_i / \sum \lambda_k$	สัดส่วนความแปรปรวนสะสม
PC ₁	3.323	0.579	0.579
PC ₂	1.374	0.239	0.818
PC ₃	0.476	0.083	0.901
PC ₄	0.325	0.057	0.957
PC ₅	0.156	0.027	0.985
PC ₆	0.088	0.015	1.000
รวม	5.743	1.0	

ที่มา: กัลยา (2548ก)

สามารถพิจารณาจำนวนองค์ประกอบหลักได้จากค่าสัดส่วนความแปรปรวนสะสม คือ สัดส่วนความแปรปรวนของ PC₁ และ PC₂ รวมเท่ากับ 0.818 หรือร้อยละ 81.8 จึงควรมีองค์ประกอบหลัก 2 ตัว คือ PC₁ และ PC₂ หรือดูจากค่าไอเก้นขององค์ประกอบหลักที่มีค่าไม่ต่ำกว่า 1 ได้แก่ PC₁ และ PC₂ หรือใช้กราฟ scree ซึ่งพล็อตกราฟดังภาพที่ 2.1 จะพบว่าค่าไอเก้นของ PC₃ จะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นควรมีองค์ประกอบหลักเพียง 2 ตัว



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างกราฟ scree สำหรับการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบหลัก
ที่มา: กัลยา (2548ก)

จากที่กล่าวมาแล้วว่าองค์ประกอบหลักจะไม่มีความสัมพันธ์กันเอง ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักจะเท่ากับศูนย์ ขณะที่องค์ประกอบหลักและตัวแปรเดิมจะมีความสัมพันธ์กัน โดยวัดความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และเรียกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้ว่า ค่า loading ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรเดิมที่มีต่อการสร้างองค์ประกอบหลัก ถ้าค่า loading ของตัวแปรเดิมใดมีค่ามาก (ใกล้ +1 หรือ ใกล้ -1) แสดงว่าตัวแปรเดิมนั้นมีความสำคัญหรือมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ประกอบหลักมาก และสามารถใช้อธิบายความหมายขององค์ประกอบหลักแต่ละตัวได้ โดยพิจารณาจากค่า loading ถ้าค่า loading ของตัวแปรเดิมตัวใดมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ± 0.5 จะพิจารณาความหมายของตัวแปรเดิมนั้นให้เป็นความหมายขององค์ประกอบหลัก (กัลยา, 2548ก) ตัวอย่างเช่น การหาดัชนีผู้บริโภคโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจากการสกัดรายละเอียดของตัวแปรราคาอาหารทั้ง 5 ตัวแปร มาไว้ในตัวแปรใหม่ พบว่า สามารถสกัดตัวแปรใหม่ได้ 2 ตัว คือ องค์ประกอบหลักที่ 1 (PC_1) และองค์ประกอบหลักที่ 2 (PC_2) ซึ่งค่า loading ของ PC_1 และ PC_2 แสดงดังตารางที่ 2.4 จะเห็นว่า ค่า loading ของตัวแปรใน PC_1 มากกว่า 0.5 ยกเว้นราคาส้ม ดังนั้น PC_1 จึงหมายถึงดัชนีราคาผู้บริโภคของอาหารที่ไม่รวมผลไม้ ส่วนใน PC_2 มีเพียงราคาส้มเท่านั้นที่มากกว่า 0.5 ดังนั้นจึงใช้ PC_2 แทนดัชนีราคาผู้บริโภคของผลไม้

ตารางที่ 2.4 ค่า loading ของตัวอย่างการหาดัชนีผู้บริโภค

องค์ประกอบหลัก	ตัวแปร				
	ราคาข้าว	ราคาผัก	ราคานม	ราคาส้ม	ราคาเนื้อหมู
PC ₁	0.772	0.896	0.529	0.350	0.788
PC ₂	-0.324	-0.046	-0.453	0.837	0.302

ที่มา: กัลยา (2548ก)

ในกรณีที่ค่า loading มีค่ากลางๆ เช่น 0.42 และ 0.51 ทำให้ไม่สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ในองค์ประกอบหลักใดได้นั้น จะต้องทำการหมุนแกน เพื่อให้ค่า loading ของตัวแปรมีค่ามากขึ้นหรือลดลงจนกระทั่งทำให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในองค์ประกอบหลักใด หรือไม่ควรอยู่ในองค์ประกอบหลักใด วิธีการหมุนแกนองค์ประกอบหลักมี 2 วิธีใหญ่ (กัลยา, 2548ข) คือ

1) orthogonal rotation เป็นการหมุนแกนองค์ประกอบหลักไปแล้วยังคงทำให้องค์ประกอบหลักตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกันแต่ทำให้ค่า loading เพิ่มขึ้นหรือลดลง

2) oblique rotation เป็นการหมุนแกนองค์ประกอบหลักในลักษณะที่ไม่ตั้งฉากกัน หรือองค์ประกอบหลักไม่เป็นอิสระกัน แต่ทำให้ค่า loading เพิ่มขึ้นหรือลดลง

2.4.2 การวิเคราะห์กลุ่ม

การวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลหรือคน สัตว์ สิ่งของ ฯลฯ ใช้ในการแบ่งกลุ่มโดยไม่ทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน แต่จะแบ่งตามค่าของตัวแปรที่นำมาใช้ในการแบ่งกลุ่ม โดยให้หน่วยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายกันในตัวแปรที่ศึกษา แต่หน่วยที่อยู่ในต่างกลุ่มกันจะมีความต่างกัน เงื่อนไขของเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่ม คือ ไม่ทราบมาก่อนว่าหน่วยหรือคนใดจะอยู่ในกลุ่มใด และหน่วยหรือคนใดคนหนึ่งจะต้องอยู่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียว โดยตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มมีมากกว่า 1 ตัว และตัวแปรอาจจะเป็นตัวแปรที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ หรือเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (กัลยา, 2548ก) เทคนิคนี้นิยมใช้ในงานทางด้านการตลาดและสังคมศาสตร์ โดยเฉพาะการสำรวจกลุ่มผู้บริโภค เป้าหมาย เช่น การแบ่งกลุ่มผู้บริโภค (อนุวัตร, 2549) ในการพิจารณาจัดกลุ่มว่าควรจัดอยู่ในหน่วยใด จะพิจารณาจากความคล้าย (similarity) หรือความต่างหรือความห่าง (distance)

การวิเคราะห์กลุ่มมีหลายประเภท การแบ่งประเภทพิจารณาจากขั้นตอนในการรวมกลุ่มที่นิยมใช้มากมี 2 ประเภท (กัลยา, 2548ก) คือ

1) การวิเคราะห์กลุ่มแบบขั้นตอน (hierarchical cluster analysis)

เป็นการแบ่งกลุ่มแบบเป็นขั้นตอน และเมื่อนำหน่วยใดหน่วยหนึ่งมาไว้ในกลุ่มใดแล้ว จะไม่มีการย้ายหน่วยนั้นไปไว้ในกลุ่มอื่นๆ อีก ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มแบบขั้นตอนมี 2 เทคนิคย่อย คือ

1.1) เทคนิค agglomeration วิธีนี้จะเริ่มด้วยการถือว่า 1 หน่วย เป็น 1 กลุ่ม ถ้ามี n หน่วย จะมี n กลุ่ม จากนั้นพิจารณาว่าจะรวมหน่วยคู่ใดเข้าด้วยกัน โดยพิจารณาจากความคล้ายหรือความต่าง ถ้าเป็นความคล้ายจะรวมหน่วยคู่ที่มีความคล้ายกันมากที่สุดไว้ด้วยกัน แต่ถ้าใช้ความต่างจะรวมหน่วยที่มีความต่างกันน้อยที่สุดไว้ในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นเลือกวิธีการรวมกลุ่มซึ่งมีหลายวิธี ทำการรวมกลุ่มหน่วยต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน จนกระทั่งเหลือเพียง 1 กลุ่ม คือ ทุกหน่วยอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งการลดจนเหลือเพียง 1 กลุ่ม จะไม่มีประโยชน์ ดังนั้นจะต้องตั้งเกณฑ์ตัดสินใจเองว่าควรมีกี่กลุ่ม

1.2) เทคนิค divisive มีหลายวิธีหรือหลายเทคนิคย่อย เช่น เทคนิคย่อย automatic interaction detection (AID) ซึ่งแตกต่างจากวิธี agglomeration โดยที่เทคนิค agglomeration จะไม่มีการแบ่งตัวแปรว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ แต่วิธี AID จะต้องกำหนดตัวแปรตาม 1 ตัว ส่วนตัวแปรที่เหลือเป็นตัวแปรอิสระ และขั้นตอนการแบ่งกลุ่มของวิธี AID จะตรงข้ามกับเทคนิค agglomeration คือ เริ่มแรกจะถือว่าทุกหน่วยอยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือมีเพียงกลุ่มเดียว แล้วจึงแบ่งเป็นกลุ่มย่อย โดยการแบ่งจะพิจารณาตัวแปรอิสระที่ทำให้ตัวแปรตามมีค่าต่างกัน

2) การวิเคราะห์กลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน (nonhierarchical cluster analysis)

เป็นการแบ่งกลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน ถ้าจัดหน่วยใดหน่วยหนึ่งมาไว้ในกลุ่มใดแล้ว อาจมีการย้ายกลุ่มได้

ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Lachman และคณะ (2007) ที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มในการจัดกลุ่มของน้ำผึ้งจากปริมาณแร่ธาตุ ได้แก่ Al, B, Ca, Cu, Mg, Ni และ Zn ที่มีอยู่ในน้ำผึ้ง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประเมินคุณภาพของน้ำผึ้ง พบว่า ตัวอย่างน้ำผึ้งทั้งหมด 24 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุด้วยวิธี flame atomic absorption spectrometry (F-AAS) และ optical emission spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-OES) ซึ่งทั้ง 2 วิธี ให้ผลในการจัดกลุ่มไปทิศทางเดียวกัน คือ สามารถแบ่งน้ำผึ้งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มน้ำผึ้งที่มีแหล่งกำเนิดจากดอกไม้ และกลุ่มน้ำผึ้งที่มีแหล่งกำเนิดจากพืชบางชนิดในฤดูร้อน ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม จะมีปริมาณแร่ธาตุและค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

2.4.3 ผังความชอบของผู้บริโภค (preference mapping) (วิไลศนา, 2546)

ผังความชอบ (preference mapping) เป็นวิธีการนำเสนอข้อมูลเชิงลึกในรูปแบบแผนภาพ เพื่ออธิบายความชอบผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค โดยการเก็บข้อมูลความชอบของผู้บริโภคหลังจากทดสอบชิมตัวอย่างอาหารอย่างน้อย 6 ตัวอย่าง โดยใช้สเกลการยอมรับโดยรวมการจัดลำดับความชอบหรืออื่นๆ ที่เป็นการวัดความต้องการผลิตภัณฑ์ จากนั้นคะแนนความชอบของผู้บริโภคแต่ละคนจะถูกนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน เพื่ออธิบายคุณลักษณะของข้อมูลทั้งหมดที่ได้โดยใช้เทคนิค multivariate รวมไปถึงการวิเคราะห์ความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของตัวอย่างอาหาร ซึ่งวิธีนี้จะลดปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายคุณลักษณะที่ผู้บริโภคไม่สามารถระบุออกมาได้ หรือไม่เข้าใจคำถามเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้นๆ ภายใต้อสมมุติฐานว่าผู้บริโภคแต่ละคนชอบอาหารชนิดหนึ่งด้วยคุณลักษณะต่างๆ กัน และการใช้ค่าเฉลี่ยไม่สามารถเป็นตัวแทนอธิบายปรากฏการณ์ความชอบของผู้บริโภคทั้งหมดได้ ผังความชอบสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

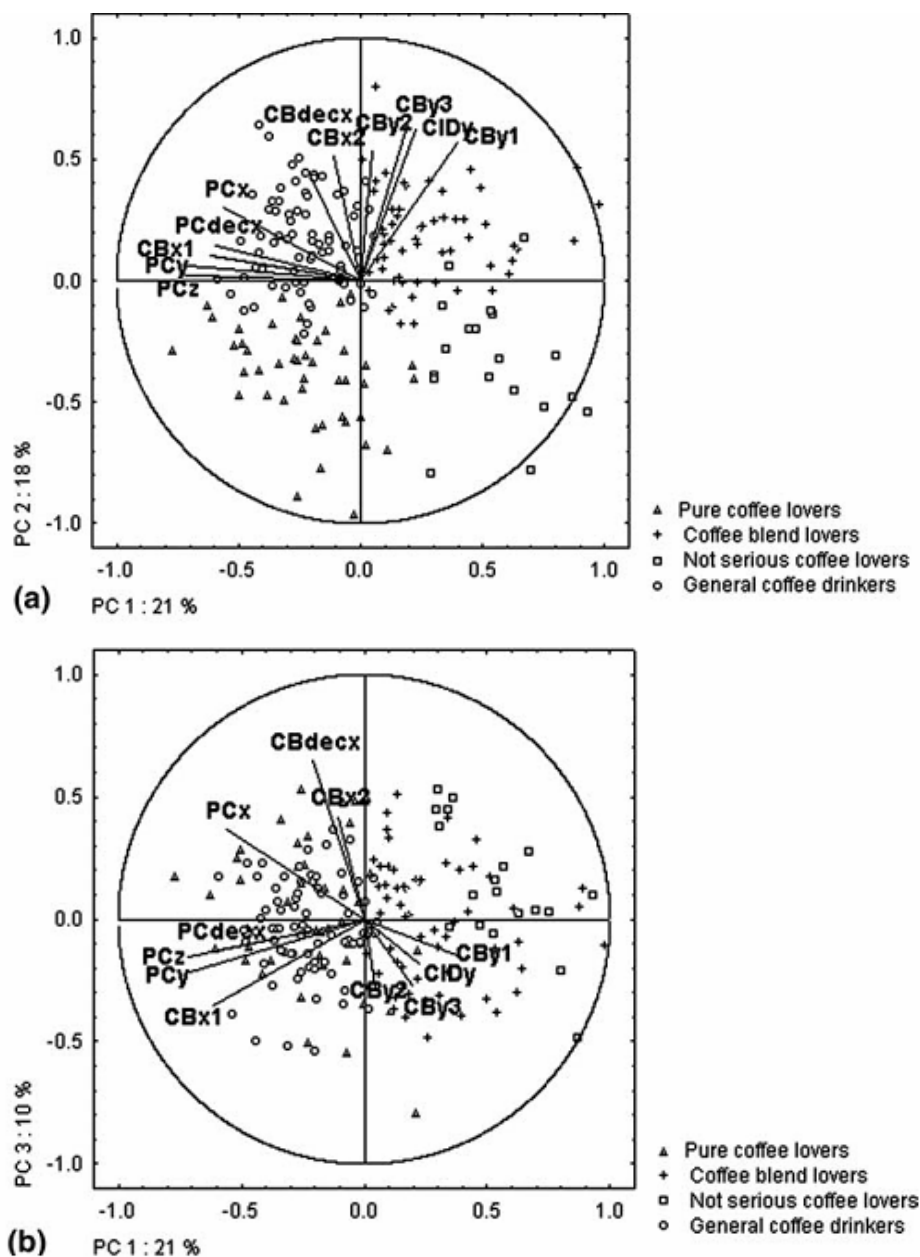
1) ผังความชอบภายนอก (external preference mapping, EPM) เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นกลุ่ม โดยเริ่มจากใช้เทคนิค multivariate กับข้อมูลความเข้มที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือจากการวัดโดยเครื่องมือ แล้วนำมาทำสมการถดถอยกับจุดพิกัดของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำการวิเคราะห์แบบ multivariate เช่น principal component analysis (PCA) มาก่อนแล้ว สมการถดถอยอาจเป็นเชิงเส้นตรง (2 มิติ) หรือมีค่าความสัมพันธ์ร่วมประกอบอยู่ด้วย (3 มิติ) แบบจำลองในการสร้างผังความชอบภายนอกนี้อาจทำได้ในลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลความชอบแบบเวกเตอร์ (vector model) หรือจุดในอุดมคติ (ideal point model) หรือ quadratic model หรือ cubic model

2) ผังความชอบภายใน (internal preference mapping, IPM) เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นกลุ่ม โดยใช้เทคนิคทางสถิติแบบ multivariate เช่นเดียวกับผังความชอบภายนอก แต่การจัดกลุ่มของคุณลักษณะต่างๆ นั้น ขึ้นอยู่กับข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ หรือความชอบผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคเท่านั้น ผู้บริโภคทุกคนต้องทดสอบชิมอาหารแล้วให้คะแนนความชอบออกมา ทำการศึกษาความชอบหรือการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อนำไปสร้างผังความชอบภายใน ทำได้จากข้อมูล 2 ชุด ที่ถูกเก็บรวบรวมเพื่อค้นหาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความชอบ (drivers of liking) ในผลิตภัณฑ์อาหาร ประกอบด้วย

2.1) ชุดข้อมูลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุณลักษณะในผลิตภัณฑ์ (sensory data) โดยนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มคุณลักษณะต่างๆ หลายลักษณะ (sensory attributes) ของผลิตภัณฑ์อาหาร 6 ชนิดขึ้นไป จากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว

2.2) ชุดข้อมูลความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารชุดเดียวกัน โดยเริ่มขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลความชอบจากผู้บริโภคก่อน โดยใช้วิธี multivariate แบบสมการถดถอย (regression) กับแกน PC โดยให้ผู้บริโภคทุกคนเป็นตัวแปร (variables) แล้วสร้างแผนภูมิผลิตภัณฑ์ (product score plot) โดยหาพิกัดที่เป็นค่าสหสัมพันธ์กับแกน PC

Geel และคณะ (2004) นำเทคนิคการสร้างผังความชอบมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของกาแฟสำเร็จรูป โดยมีการสำเร็จรูป 11 ตัวอย่าง ทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 12 คน มีลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมด 29 ลักษณะ จากนั้นทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเป้าหมาย คือ ผู้ที่ดื่มกาแฟสำเร็จรูปอย่างน้อย 1 แก้วต่อวัน จำนวน 199 คน โดยถามข้อมูลทั่วไป เช่น ชื่อ อายุ เพศ รายได้ และยี่ห้อกาแฟที่บริโภค และให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูป 11 ตัวอย่าง โดยใช้ 9-point hedonic scale สามารถแบ่งผู้บริโภคได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ที่ชอบกาแฟแท้ กลุ่มผู้ที่ชอบกาแฟผสม กลุ่มผู้ที่ไม่จริงจังในการดื่มกาแฟ และกลุ่มผู้ที่ดื่มกาแฟทั่วไป และจากนั้นนำข้อมูลมาสร้างผังความชอบภายใน แสดงดังภาพที่ 2.2 จะเห็นว่าองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบแรก (PC_1 , PC_2 และ PC_3) สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรเดิมรวมเป็นร้อยละ 49 โดยองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC_1) สามารถแยกผู้บริโภคที่ชอบกาแฟแท้ (PC) และกาแฟผสมของบริษัท X ($CB \times 1$) ออกจากผู้บริโภคที่ไม่ชอบกลิ่นแรงของกาแฟแท้ แต่ชอบกาแฟผสม ขณะที่องค์ประกอบหลักที่ 2 (PC_2) สามารถแบ่งผู้บริโภคที่ชอบดื่มกาแฟสำเร็จรูป ออกจากผู้บริโภคที่ชอบกาแฟแท้และผู้ที่ไม่จริงจังในการดื่มกาแฟ ส่วนองค์ประกอบหลักที่ 3 (PC_3) จะบอกถึงความคุ้นเคยกับยี่ห้อของตัวอย่างกาแฟที่บริโภคอยู่เป็นประจำ ซึ่งเป็นตัวชี้ว่าตัวอย่างกาแฟเป็นที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคกลุ่มนี้



ภาพที่ 2.2 ดังความชอบภายในที่แสดงตำแหน่งของผู้บริโภคทั้ง 4 กลุ่ม และตัวอย่างกาแฟ
หมายเหตุ PC คือ กาแฟแท้, CB คือ กาแฟผสม, CID คือ กาแฟที่ไม่มีคาเฟอีน และ XYZ

หมายถึง ผู้ผลิตกาแฟ

ที่มา: Geel และคณะ (2004)