

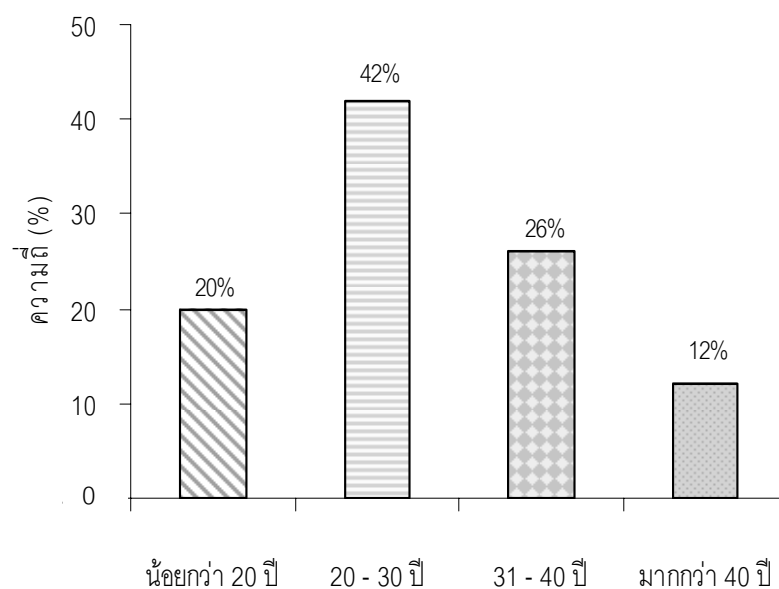
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. **สำรวจความต้องการและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมสาลีและขนมสาลีจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ. **สำรวจตลาดและคุณภาพของขนมสาลีที่มีจำหน่ายในท้องตลาด****

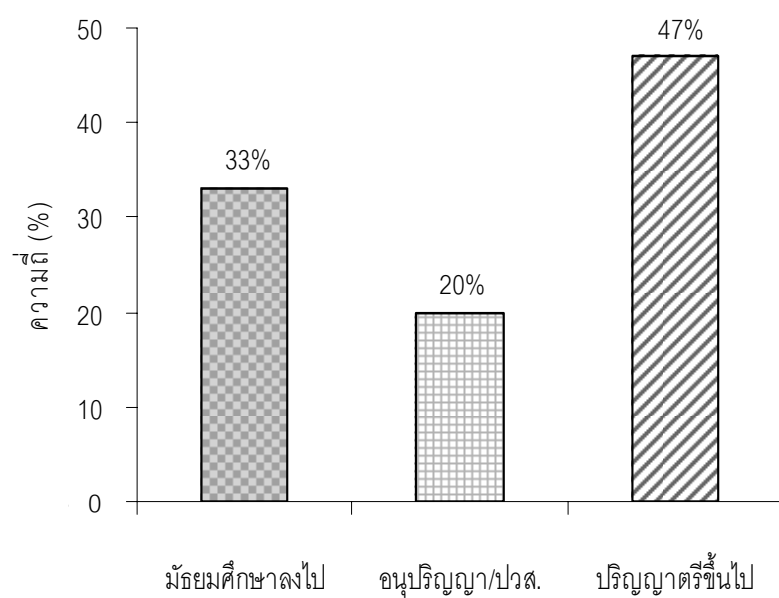
1.1 **สำรวจความต้องการและพฤติกรรมของผู้บริโภคขนมสาลีและขนมสาลีจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ**

1.1.1 **ลักษณะทางประชากรของผู้ตอบแบบสอบถาม**

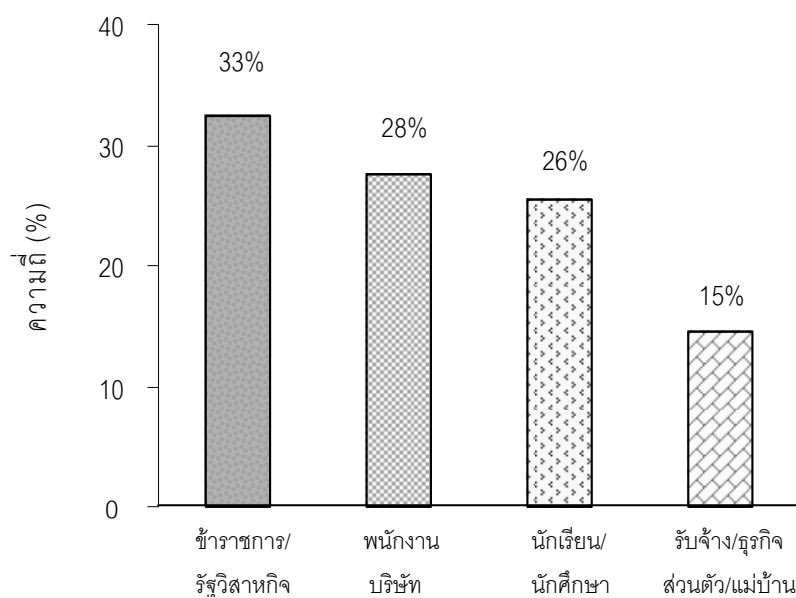
จากการสำรวจผลิตภัณฑ์โดยการออกแบบสอบถามกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 15 ปี ขึ้นไป จำนวน 200 คน ซึ่งเคยบริโภคขนมสาลีและมีทัศนคติที่ดีต่อการบริโภคขนมสาลี สุ่มตัวอย่างโดยใช้โควตา (Quota Sampling) โดยแบ่งตามเพศกลุ่มละเท่าๆกัน (100 คนต่อกลุ่ม) โดยใช้แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวกที่ ข ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.0 อาชีพส่วนใหญ่เป็นข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 32.5 โดยรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 5,001 – 10,000 บาท มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 31.5 ข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังภาพที่ 10 – 13



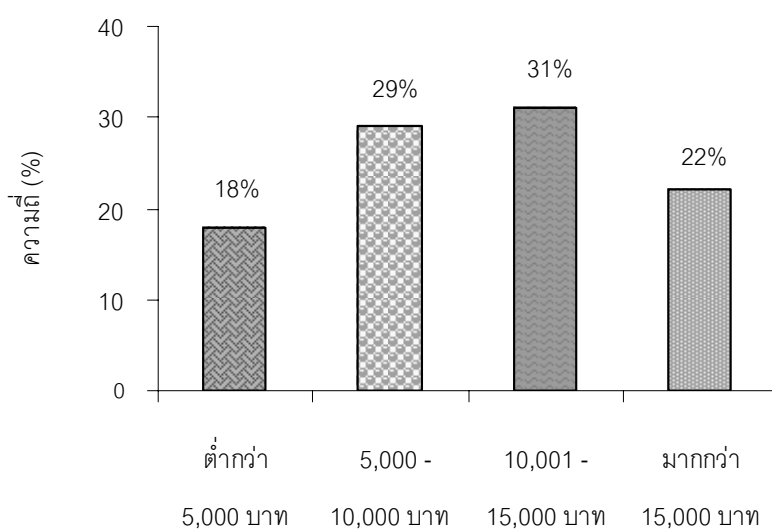
ภาพที่ 10 ร้อยละความถี่ของลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านอายุ จากผู้ตอบแบบสอบถาม
จำนวน 200 คน



ภาพที่ 11 ร้อยละความถี่ของลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านการศึกษาสูงสุดที่ได้รับ จากผู้ตอบ
แบบสอบถามจำนวน 200 คน



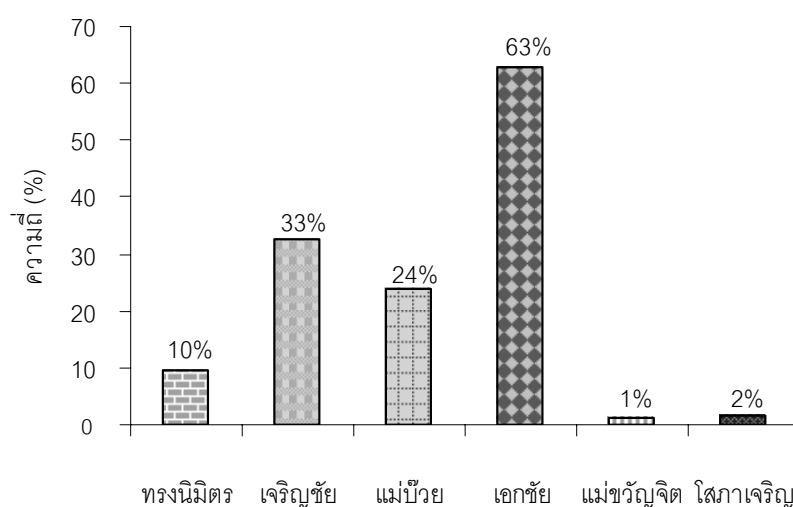
ภาพที่ 12 ร้อยละความถี่ของลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านอาชีพ จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน



ภาพที่ 13 ร้อยละความถี่ของลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านรายได้ต่อเดือน จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

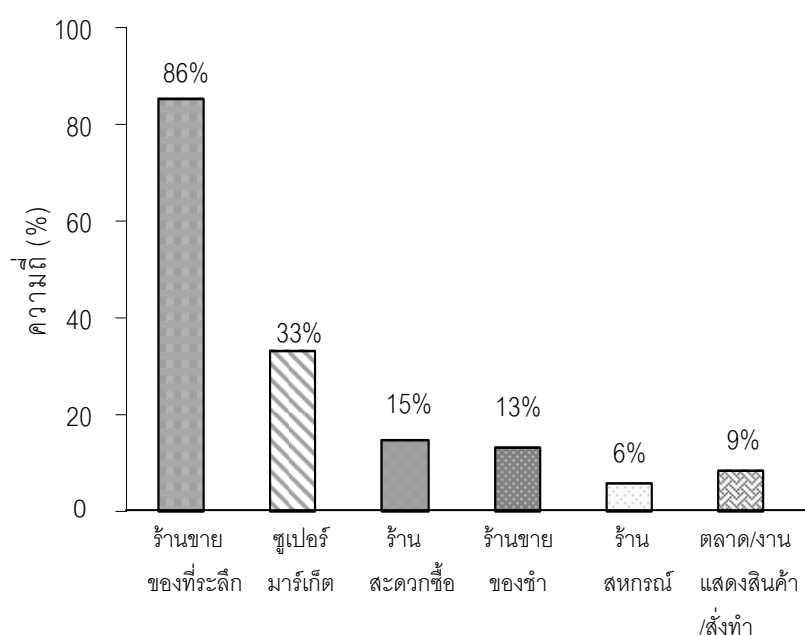
1.1.2 การสำรวจพฤติกรรมการบริโภคขนมสาลี

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคขนมสาลี พบว่าयीหื้อของขนมสาลีที่ผู้ตอบแบบสอบถามเคยซื้อมากที่สุด คืือयीหื้อเอกชัย คิดเป็นร้อยละ 63.0 รองลงมาคืือयीหื้อเจริญชัย ร้อยละ 32.5 ยีหื้อแม่บัววัย ร้อยละ 24.0 ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ร้อยละความถี่ด้านพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมสาลีในท้องตลาดที่ผู้ตอบแบบสอบถามเคยซื้อ จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ จะซื้อขนมสาลีที่ร้านขายของที่ระลึก มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 85.5 ดังภาพที่ 15 เนื่องจากขนมสาลีเป็นขนมขึ้นชื่อประจำจังหวัดสุพรรณบุรี ผู้ผ่านหรือท่องเที่ยวที่จังหวัดสุพรรณบุรีเมื่อกลับจากการท่องเที่ยวจึงมักซื้อขนมสาลีฝากให้แก่ผู้อื่น และก็ซื้อรับประทานเองด้วย ดังนั้นแหล่งที่ซื้อขนมสาลีส่วนใหญ่จึงซื้อจากร้านขายของฝากของที่ระลึก



ภาพที่ 15 ร้อยละความถี่ด้านแหล่งที่ซื้อขนมสาลี่ของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

การสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อขนมสาลี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามเรียงลำดับของปัจจัยที่ใช้ในการเลือกซื้อขนมสาลี่ 5 ปัจจัย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อบัณฑิตด้านกลิ่นและรสชาติ/ความสดใหม่ มากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามต้องการขนมสาลี่ที่ผลิตออกมาใหม่ที่สุด อีกทั้งต้องมีกลิ่นหอม น่ารับประทานและมีรสชาติที่อร่อยมากที่สุด ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณารองลงมาคือ ภาชนะบรรจุ ความสะอาด และความสะดวกในการซื้อหรือการบริโภค ต่อด้วยพิจารณาปริมาณ และราคาว่ามีความเหมาะสมกัน รวมทั้งพิจารณาว่ามีเครื่องหมายต่างๆรับรองหรือรับประกันหรือไม่ ส่วนปัจจัยด้านอื่นนั้นผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญในการซื้อเป็นลำดับสุดท้าย ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อขนมสาลี่ของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

	ลำดับความสำคัญ					R _{sum}	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อขนมสาลี่	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
กลิ่นและรสชาติ	132	42	11	11	4	313	1.57 ^a
/ความสดใหม่	(66.0)	(21.0)	(5.5)	(5.5)	(2.0)		
ภาชนะบรรจุ	26	92	52	22	8	494	2.47 ^b
/ความสะดวก	(13.0)	(46.0)	(26.0)	(11.0)	(4.0)		
/ความสะดวก							
ราคา/ปริมาณ	11	27	83	44	35	665	3.33 ^c
	(5.5)	(13.5)	(41.5)	(22.0)	(17.5)		
เครื่องหมาย	22	18	25	89	46	719	3.60 ^d
รับรองความอร่อย	(11.0)	(9.0)	(12.5)	(44.5)	(23.0)		
/เครื่องหมาย อย.							
ชื่อยี่ห้อ	9	21	29	34	107	809	4.05 ^e
	(4.5)	(10.5)	(14.5)	(17.0)	(53.5)		

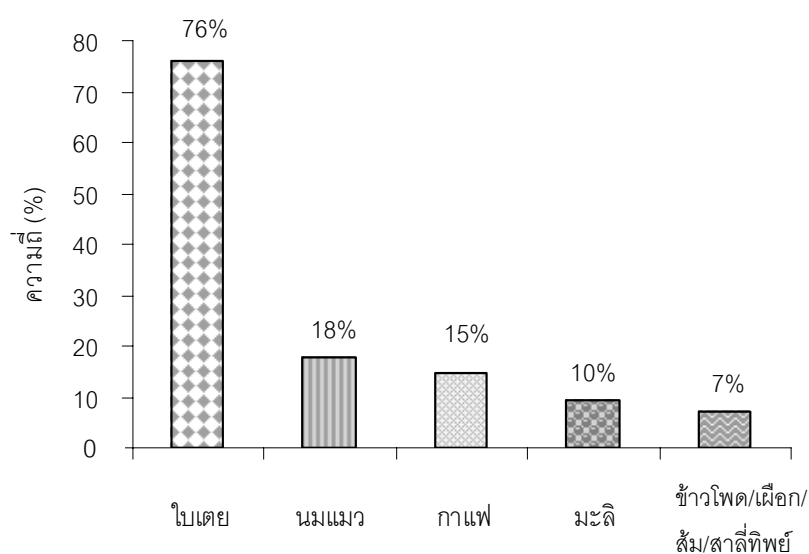
หมายเหตุ - ลำดับความสำคัญ (หมายเลข 1 คือสำคัญมากที่สุด – หมายเลข 5 คือสำคัญน้อยที่สุด)

- อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

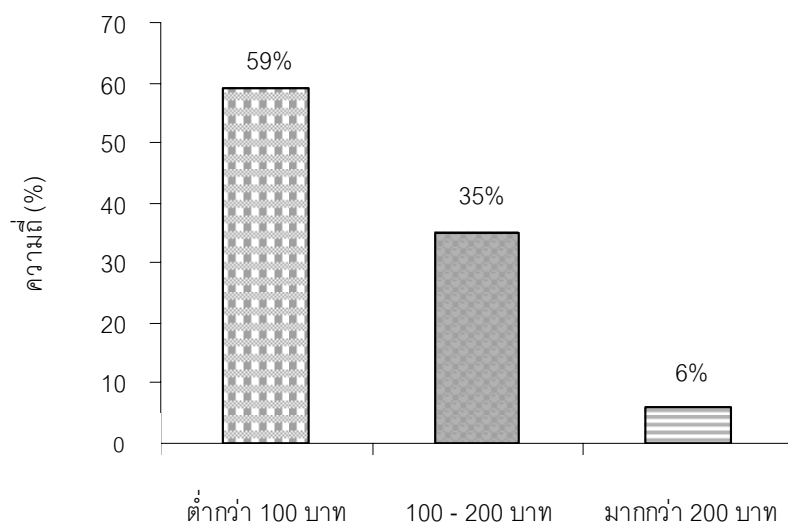
- R_{sum} คือผลรวมของอันดับ (จำนวน x ลำดับความสำคัญ)

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่จะเลือกบริโภคขนมสาลี่กลิ่นใบเตยบ่อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 76.0 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อเลือกบริโภคขนมสาลี่กลิ่นใบเตยมากที่สุด

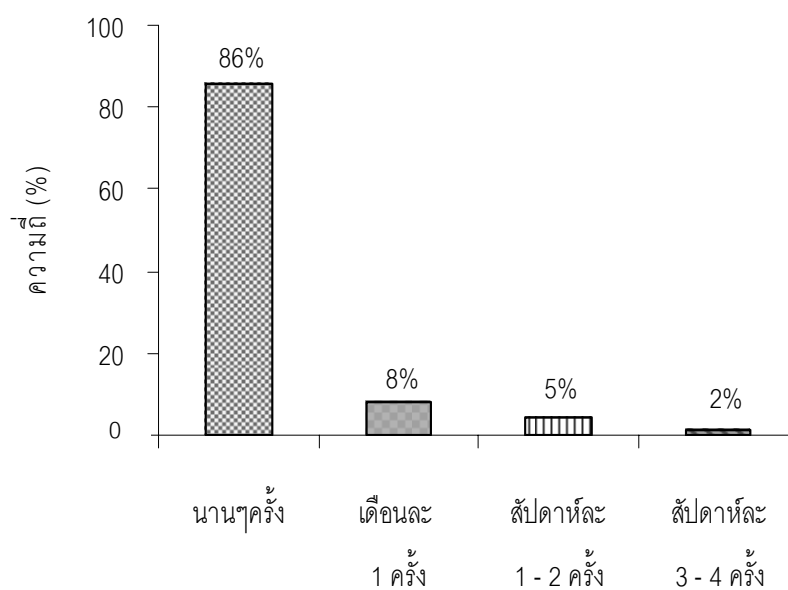
เพราะหอม กลิ่นเป็นกลิ่นที่รู้สึกถึงธรรมชาติ สีสวย สำหรับค่าใช้จ่ายในการซื้อขนมสาลี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามใช้จ่ายในการซื้อต่อครั้งต่ำกว่า 100 บาท มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 59.0 โดยความถี่ในการบริโภคขนมสาลี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามนานๆครั้งจึงจะบริโภคขนมสาลี่ คิดเป็นร้อยละ 86.0 เนื่องจากขนมสาลี่มักซื้อเป็นของฝากหรือใช้ในเทศกาลไหว้ของจีน จึงไม่ได้รับประทานขนมสาลี่กันบ่อยนัก นานๆครั้งจึงจะรับประทานกันเมื่อมีโอกาส และค่าใช้จ่ายในการซื้อขนมสาลี่ต่อครั้งก็ไม่มากนักส่วนใหญ่นักส่วนใหญ่ใช้น้อยกว่า 100 บาท เนื่องจากขนมสาลี่เป็นขนมที่ราคาไม่สูงนัก ปริมาตรต่อถุงมาก ซื้อเก็บไว้ไม่ได้มากนักเนื่องจากเสื่อมเสียเร็วจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการซื้อไม่สูง ดังภาพที่ 16 – 18



ภาพที่ 16 ร้อยละความถี่ด้านพฤติกรรมในการเลือกกลิ่นของขนมสาลี่ที่เลือกซื้อ/บริโภคบ่อยที่สุดของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน



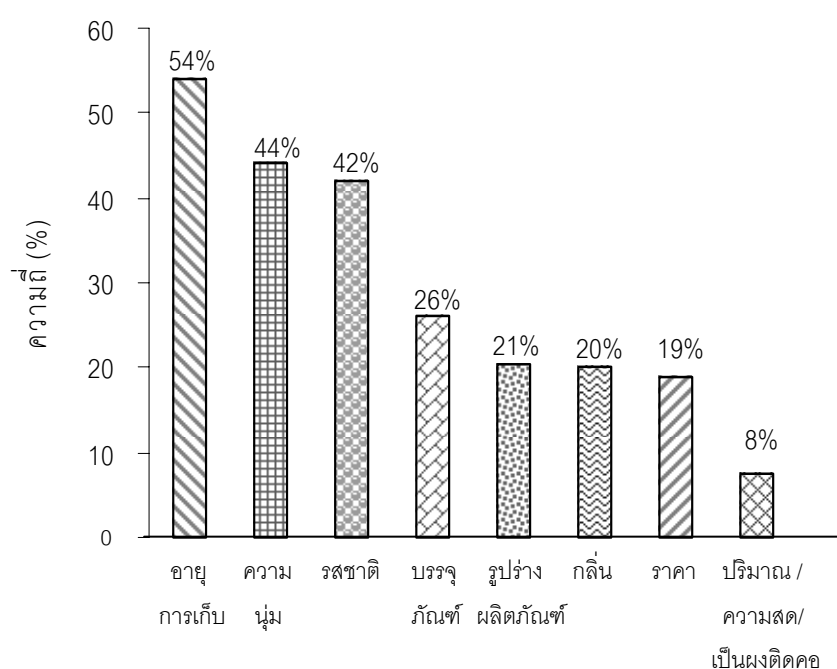
ภาพที่ 17 ร้อยละความถี่ด้านค่าใช้จ่ายในการซื้อขนมสาลี่ต่อครั้งของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน



ภาพที่ 18 ร้อยละความถี่ด้านความถี่ในการบริโภคขนมสาลี่ของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

สิ่งที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าเป็นสิ่งที่ควรปรับปรุง ผลิตภัณฑ์ขนมสาลี่ที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด ดังภาพที่ 19 คืออายุการเก็บรักษา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54.0 ความนุ่มร้อยละ 44.0 รสชาติร้อยละ 42.0 ทั้งนี้สิ่งที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการให้ปรับปรุงมากที่สุดคืออายุการเก็บรักษาของขนมสาลี่ เนื่องจากขนม

สาธิตีมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เสื่อมเสียได้ง่าย บางทีซื้อไปเพียง 1 วันก็เสียแล้วรับประทานไม่ทัน ความนุ่มของขนมสาธิตีนั้นจะนุ่มนวลรับประทานที่สุดเมื่อหนึ่งสัปดาห์ใหม่ๆ หากทิ้งไว้นานเข้าความนุ่มจะลดน้อยลงไม่นุ่มเช่นเดิม รสชาติของผลิตภัณฑ์ที่น่าจะมีความหลากหลายและอร่อยมากกว่าที่เป็นอยู่ ภาชนะบรรจุและรูปร่างของขนมก็ควรสะอาดทำให้น่าซื้อรับประทาน กลิ่นก็ควรให้มีความหลากหลายและมีความหอมเมื่อเก็บไว้นานๆ เนื่องจากเมื่อเก็บไว้นานๆจะมีกลิ่นไม่น่าพึงประสงค์เกิดขึ้นที่ขนม ในงานวิจัยนี้จึงเน้นการวิจัยด้านเนื้อสัมผัสเป็นส่วนใหญ่ โดยต้องการพัฒนาขนมสาธิตีที่ผลิตขึ้นจากแป้งข้าวหอมมะลิหรือมีการผสมแป้งข้าวหอมมะลินิในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วยังมีคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพอื่นๆใกล้เคียงกับขนมสาธิตีที่ผลิตจากแป้งสาลีให้มากที่สุด จึงให้ความสนใจด้านความนุ่มที่เป็นสิ่งที่ควรปรับปรุงเป็นอันดับที่สองมากกว่าด้านอายุการเก็บรักษา

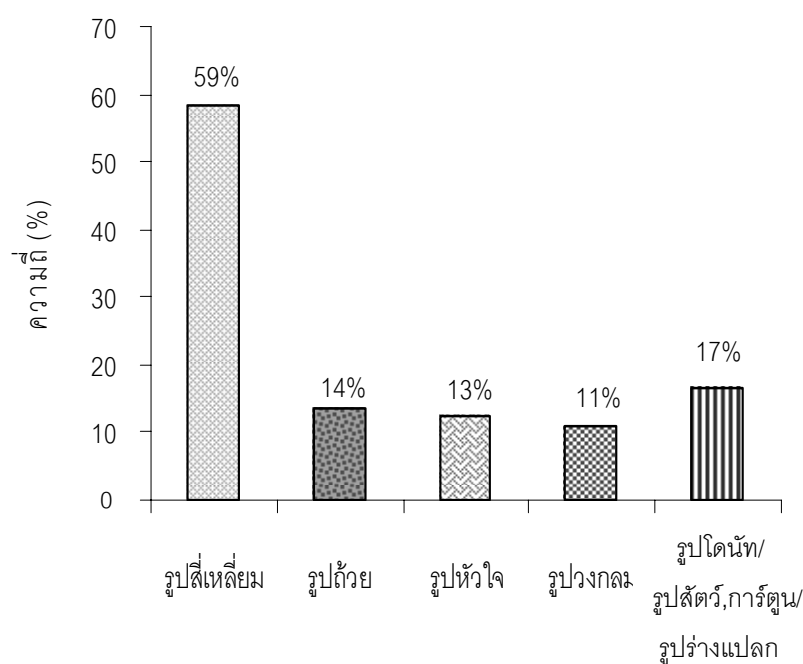


ภาพที่ 19 ร้อยละความถี่ด้านสิ่งที่ควรปรับปรุงของขนมสาธิตีที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดจาก
ความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

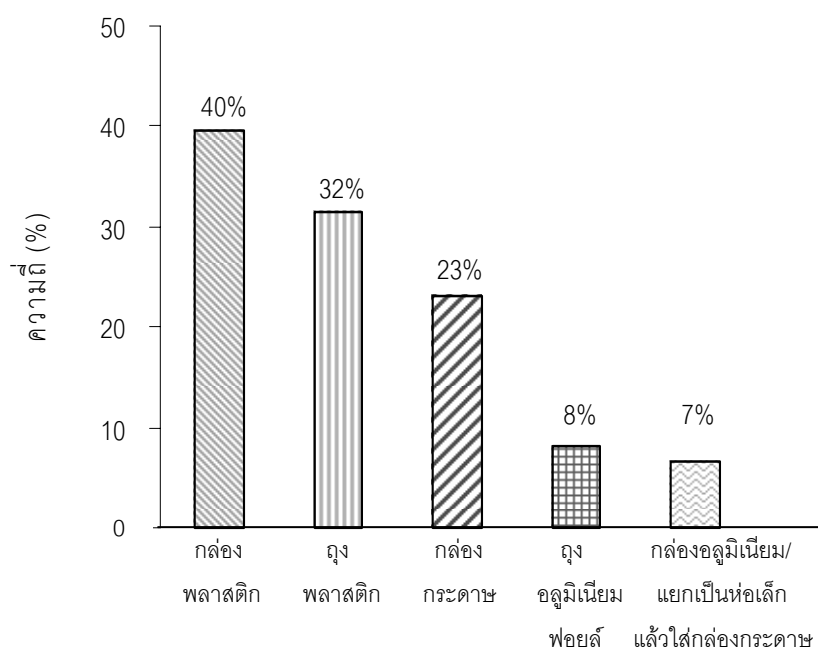
1.1.3 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการให้ขนมสาธิตีเป็นรูปสี่เหลี่ยมมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 58.5 สำหรับภาชนะบรรจุที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าเหมาะสมในการใช้บรรจุขนมสาธิตีคือ

กล่องพลาสติก มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 39.5 รองลงมาคือถุงพลาสติกร้อยละ 31.5 กล่องกระดาษ ร้อยละ 23.0 ดังภาพที่ 20 - 21 เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามคุ้นเคยกับรูปร่างแบบเดิมของ ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด จึงทำให้เลือกที่จะให้ขนมสาเล่มีรูปร่างสีเหลี่ยม ในการพัฒนาขั้นต่อไปควรให้ขนมสาเล่มีรูปร่างสีเหลี่ยมเช่นเดิม

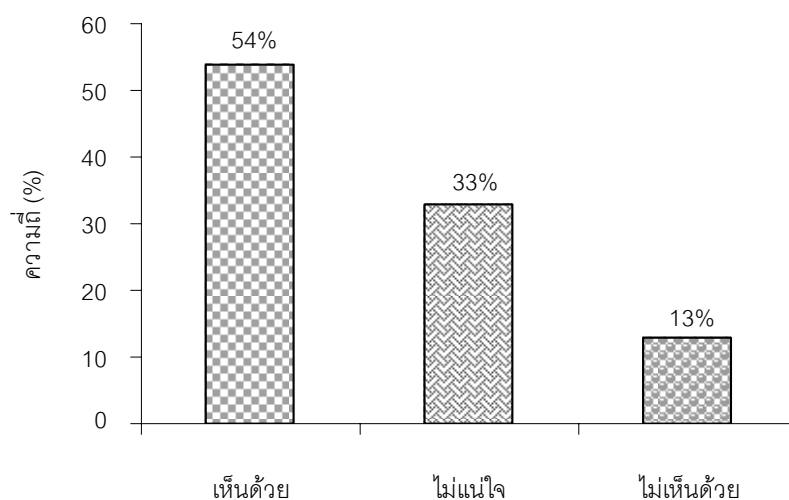


ภาพที่ 20 ร้อยละความถี่ด้านรูปร่างของขนมสาเล่ที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าเหมาะสมจาก
ความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน



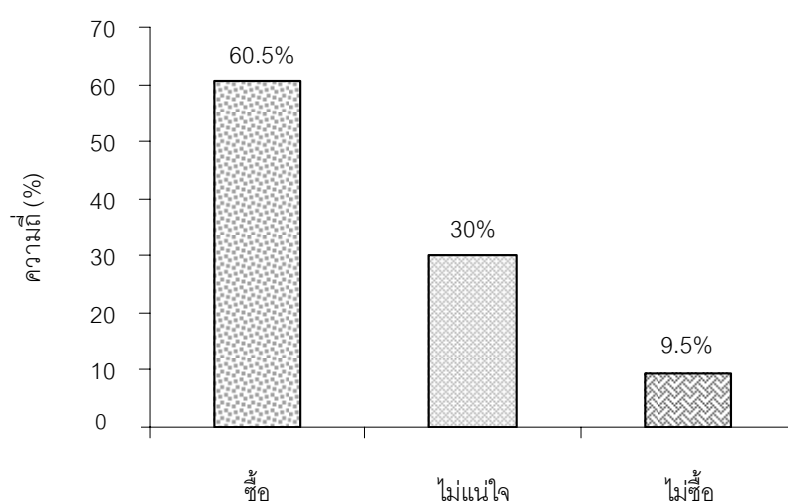
ภาพที่ 21 ร้อยละความถี่ด้านภาชนะบรรจุที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าเหมาะสมจากความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วยให้มีการผลิตขนมสาลี่ที่ทำจากแป้งข้าวหอมมะลิหรือผสมแป้งข้าวหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 54.0 เนื่องจากเห็นว่าเป็นวัตถุดิบที่ทำในไทยได้ เป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในไทย ขนมที่ได้น่าจะมีราคาถูกกว่าขนมสาลี่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน โดยผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 33.0 ไม่แน่ใจเนื่องจากคิดว่าเมื่อมีการผลิตขึ้นมาอาจไม่เหมือนขนมสาลี่ที่ใช้แป้งสาลีในการผลิต ส่วนอีกร้อยละ 13.0 ไม่เห็นด้วยเนื่องจากคิดว่าคงผลิตไม่ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นคงมีลักษณะไม่เหมือนขนมสาลี่และจะให้เรียกว่าขนมสาลี่ได้อย่างไรเมื่อไม่ได้ผลิตมาจากแป้งสาลี ร้อยละความถี่ด้านความคิดเห็นดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ร้อยละความถี่ด้านความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตขนมสาเล่จากแป้งข้าวหอมมะลิหรือมีการผสมแป้งข้าวหอมมะลิของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

สำหรับความคิดเห็นด้านความต้องการซื้อของผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 60.5 ต้องการซื้อขนมสาเล่ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิหรือผสมแป้งข้าวหอมมะลิ เนื่องจากแปลกใหม่ น่าทดลอง โดยผู้บริโภคร้อยละ 30 ไม่แน่ใจ เนื่องจากยังไม่เห็นตัวผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตออกมา ส่วนอีกร้อยละ 9.5 ไม่ซื้อ เนื่องจากคิดว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาคงไม่ดีเท่าขนมสาเล่ที่ผลิตจากแป้งสาเล่ ร้อยละความถี่ด้านความต้องการซื้อ ดังแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ร้อยละความถี่ด้านความต้องการซื้อที่มีต่อขนมสาเล่จากแป้งข้าวหอมมะลิหรือมีการผสมแป้งข้าวหอมมะลิของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 200 คน

การสำรวจความต้องการและพฤติกรรมของผู้บริโภคพบว่า ขนมหาสีเยื่อเอกชัยเป็นที่รู้จักและผู้บริโภคเคยซื้อมากกว่าเยื่ออื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 63.00 ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกขนมหาสีเยื่อเอกชัยเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ โดยขนมหาสีเยื่อจะทำการผลิตควรมีรูปร่างสี่เหลี่ยม บรรจุในกล่องพลาสติก และมีกลิ่นใบเตยเพราะผู้บริโภคมีการเลือกซื้อมากกว่ากลิ่นอื่นๆ

1.2 สำรวจตลาดขนมหาสีที่จำหน่ายในท้องตลาด

ผลการสำรวจตลาดเพื่อสัมผัสตัวอย่างขนมหาสีมาวิเคราะห์คุณภาพต่อไป ซึ่งสถานที่ที่ดำเนินการสำรวจ ประกอบไปด้วย จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดกรุงเทพมหานคร การสัมผัสผลิตภัณฑ์และสถานที่จัดจำหน่ายขนมหาสี ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ชื่อเยื่อและสถานที่จัดจำหน่ายขนมหาสี

ลำดับที่	ชื่อเยื่อผลิตภัณฑ์	สถานที่จัดจำหน่าย
1.	สาลีสุพรรณ เอกชัย	- บริษัท เอกชัยสาลีสุพรรณ จำกัด (สำนักงานใหญ่) 222/2 หมู่ 5 ถนนสุพรรณบุรี – บางบัวทอง ตำบลท่าระหัด อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 72000 - ร้านขายของที่ระลึก 145 – 151/1 ซ้างวัดประสาธทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี
2.	สาลีสุพรรณ แม่ขวัญจิต	- ศูนย์ของฝากแม่ขวัญจิต 80/13 – 14 หมู่ 4 ตำบลสนามชัย อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โทรศัพท์ (035) 535 – 286 แฟกซ์ (035) 535 – 286 มือถือ (01) 736 – 3444
3.	ขนมหาสี ทวีวรรณ*	- เสรีเซ็นเตอร์ ชั้น G ฝั่งเสรีมาเก็ด กรุงเทพฯ
4.	สาลีสุพรรณ ศูนย์ของดีเมืองสุพรรณ	- ผู้ผลิต คือ สายพิณเบเกอรี่ โทรศัพท์ (035) 523 – 599, (035) 524 – 234

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อยี่ห้อผลิตภัณฑ์	สถานที่จัดจำหน่าย
5.	สลี่สุพรรณ ไสยาเจริญ	- 92/2 หมู่ 5 ถนนสุพรรณบุรี – ชัยนาท ตำบลวังยาง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี
6.	สลี่สุพรรณ เจริญชัย	- <u>สำนักงานใหญ่</u> 274/3 หมู่ 1 ซ้างสำนักงานขนส่งจังหวัด ตำบลท่าระหัด อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โทรศัพท์ (01) 915 – 6624, (035) 511 – 096 - <u>สาขา 1</u> 10 ซอยถนนมาลัยแมน ใกล้เคียงแยกกรมทางฯ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โทรศัพท์ (035) 522 – 454 - <u>สาขา 2</u> 472 – 474 ทรัพย์สิน ซอย 1 ถนนพระพินวษา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โทรศัพท์ (035) 511 – 892
7.	สลี่สุพรรณ แม่บัว	- 44 หมู่ 5 ตำบลโคกคราม อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี โทรศัพท์ (035) 587 – 077
8.	สลี่น้ำผึ้ง ทรงนิมิตร	- 464 หมู่ 6 ตลาดศาลเจ้า อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง โทรศัพท์ (035) 631 – 342 - เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน ชั้น G ใกล้ทางเข้าซูเปอร์มาเก็ต กรุงเทพฯ

หมายเหตุ * ขนมหาสี ทวีวรรณ ผลิตเมื่อมีการสั่งซื้อเมื่อลูกค้าต้องการ

ตัวอย่างทั้ง 8 ยี่ห้อที่สุ่มมาได้จะนำมาพิจารณาน้ำหนัก ขนาด และราคาของขนมสาลี จากตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าขนมสาลีแม่ขวัญจิตมีราคาสูงที่สุด โดยน้ำหนักของขนมก็มีมากที่สุดเช่นกัน ดังนั้นในการกำหนดราคาก็จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณด้วย ต้องกำหนดราคาให้ปริมาณและราคาเป็นไปในทิศทางที่เหมาะสม สำหรับลักษณะการตัดแบ่งหน้าขนมเป็นช่องๆนั้น แต่ละยี่ห้อก็มีเอกลักษณ์เฉพาะแตกต่างกันออกไป ซึ่งการตัดขนมให้ขาดเป็นชิ้นๆนั้นเพื่อความสะดวกในการบริโภค แต่ขนมก็จะเป็นชิ้นเดียวกัน ดูไม่สวยงามได้ สำหรับบางยี่ห้อที่แบ่งหน้าขนมเป็นช่องแต่ไม่ตัดขนมออกเป็นชิ้น ขนมเป็นถาดเดียวกัน สวยงาม แต่เวลารับประทานผู้บริโภคต้องบิออกมา เนื้อขนมร่วน และหากรับประทานไม่หมดขนมจะไม่สวยและไม่น่ารับประทาน ดังนั้นการตัดแบ่งหน้าขนมขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ผลิตและความต้องการของผู้บริโภคด้วยเช่นกัน น้ำหนักโดยเฉลี่ยของขนมสาลีที่จำหน่ายในท้องตลาดเท่ากับ 252.21 กรัม มีขนาดความกว้าง ยาว สูง โดยเฉลี่ย 11.1, 12.9 และ 6.0 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับราคาขายต่อถุงโดยเฉลี่ย 27.5 บาทต่อถุง จำนวนช่องที่แบ่งหน้าขนมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 12 ช่อง โดยช่องที่แบ่งมีขนาดความกว้างและยาวโดยเฉลี่ย 3.6 และ 3.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของขนมสาลีในถาดและความสวยงามเมื่อทำการตัดแบ่งด้วย

ตารางที่ 11 น้ำหนัก ขนาด ราคาและลักษณะการตัดแบ่งหน้าขนมของขนมสาลีที่จำหน่ายในท้องตลาด

ตัวอย่าง	น้ำหนัก ขนมสาลี (กรัม)	ขนาด			ราคา (บาท/ถุง)	จำนวนช่อง ที่แบ่งหน้า ขนม (ช่อง)	ขนาดช่องที่แบ่ง	
		กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)			กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)
เอกชัย	209.51	10.0	16.0	6.0	35	6 (ขาดเป็นชิ้น)	5.0	5.0
แม่ขวัญจิต	305.32	9.5	9.5	6.0	35	9	4.0	4.0
ทวิวรรณ	202.73	5.0	7.5	6.0	25	หน้าแตก	-	-
ศูนย์ของดีฯ	219.41	11.0	14.0	6.0	25	12 (ขาดเป็นชิ้น)	3.0	3.0
โสภาเจริญ	286.40	14.0	16.0	5.0	25	16	3.5	3.5
เจริญชัย	263.37	15.0	16.0	5.0	25	12	3.5	3.5
แม่บัว	247.57	14.0	10.0	7.0	25	12 (ขาดเป็นชิ้น)	3.0	3.0
ทรงนิมิตร	283.33	10.0	14.0	7.0	30	6	5.0	4.5
เฉลี่ย	252.21	11.1	12.9	6.0	27.5	12	3.6	3.6

สำหรับในส่วนภาชนะบรรจุของขนมสาลี่ ต้องคำนึงถึงความสะดวก ภาชนะบรรจุต้องแสดงให้เห็นถึงความสดใหม่นำรับประทาน จากตารางที่ 12 ภาชนะบรรจุของขนมสาลี่ทุกยี่ห้อที่สำรวจตลาดจะใช้ถุงพลาสติกใสหรือฟิล์มถนอมอาหารในการห่อหุ้มขนม เนื่องจากสามารถแสดงให้เห็นถึงสีสันที่สดใสของตัวขนมและยังสามารถเห็นเนื้อขนม เห็นความสดและความสะอาดของขนมได้ นอกจากนี้บางยี่ห้อยังมีการใช้ถาดโฟมหรือถาดพลาสติกใสรองเนื้อขนมด้วยเพื่อให้ดูน่ารับประทานและสะอาด ดูดี บางยี่ห้อมีการใช้กล่องกระดาษห่อขนมอีกชั้น แต่งกลอนพิมพ์บนกล่องกระดาษเพื่อแสดงถึงความเป็นไทย และเจาะช่องไว้ที่กล่องกระดาษเพื่อให้เห็นเนื้อขนม จะเห็นได้ว่าภาชนะบรรจุมีความสำคัญในการดึงดูดผู้บริโภคให้มาเลือกซื้อไปรับประทาน ภาชนะบรรจุที่ควรใช้ควรเป็นภาชนะที่แสดงให้เห็นเนื้อขนมเพื่อแสดงถึงความสดใหม่และน่ารับประทานของเนื้อขนม

ตารางที่ 12 ภาชนะบรรจุของขนมสาลี่ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ขนมสาลี่	ชนิดภาชนะบรรจุ	วิธีการบรรจุ
เอกชัย	ถาดพลาสติก	หุ้มด้วยถุงพลาสติก ปิดผนึกด้วยความร้อน
แม่ขวัญจิต	ถุงพลาสติก	ปิดผนึกด้วยความร้อน ห่อด้วยกล่องกระดาษ
ทวีวรรณ	ถุงพลาสติก	ปิดผนึกด้วยความร้อน
ศูนย์ของดีฯ	ถุงพลาสติก	ปิดผนึกด้วยความร้อน
โสภาเจริญ	ถาดโฟม	ห่อหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหาร
เจริญชัย	ถาดโฟม	ห่อหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหาร
แม่บัว	ถุงพลาสติก	ปิดผนึกด้วยความร้อน
ทรงนิมิตร	ถุงพลาสติก	ปิดผนึกด้วยเทปกาวแบบใส

1.3 การตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมสาลี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด

นำขนมสาลี่ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างทั้ง 8 มาทำการทดสอบความชอบกับผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ได้ค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนความชอบของขนมสาลี่ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างในการสำรวจตลาดจากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ขนมสาลี่	ความชอบรวม
เอกชัย	8.3 ^a ± 0.6
แม่ขวัญจิต	7.9 ^b ± 0.7
ทวีวรรณ	7.3 ^c ± 0.7
ศูนย์ของดีเมืองสุพรรณ	7.6 ^{bc} ± 0.7
โสภาเจริญ	7.6 ^{bc} ± 0.7
เจริญชัย	7.8 ^b ± 0.7
แม่บัว	8.0 ^{ab} ± 0.6
ทรงนิมิตร	7.8 ^b ± 0.8

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการทดสอบค่าความชอบของขนมสาลี่ที่ทำการสุ่มตัวอย่างในห้องตลาด พบว่าค่าคะแนนความชอบของขนมสาลี่เอกชัยกับแม่บัวไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่ขนมสาลี่เอกชัยมีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าแม่บัว แต่เมื่อพิจารณาการสำรวจพฤติกรรมในการบริโภคขนมสาลี่ในข้อ 1.1 พบว่าขนมสาลี่เอกชัยเป็นขนมสาลี่ที่ผู้ตอบแบบสอบถามเคยซื้อบริโภคมากที่สุดถึงร้อยละ 63 มากกว่าขนมสาลี่แม่บัวที่มีผู้ตอบแบบสอบถามเคยซื้อบริโภคเพียงร้อยละ 24 ดังนั้นจากเหตุผลเรื่องคะแนนความชอบและการเลือกซื้อมาบริโภค จึงคัดเลือกขนมสาลี่เอกชัยเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการผลิต

1.4 การตรวจคุณภาพทางกายภาพของขนมสาลี่ที่จำหน่ายในห้องตลาด

นำขนมสาลี่ที่ได้ทำการสำรวจตลาดมาทำการตรวจคุณภาพทางกายภาพ และวัดค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัส ค่าปริมาตรจำเพาะ, Water activity ดังแสดงในตารางที่ 14 ขนมสาลี่ที่จำหน่ายในห้องตลาดมีค่าปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 2.44 – 4.86 ซม.³/กรัม และมีค่า Water

activity อยู่ในช่วง 0.87 – 0.95 ปริมาตรจำเพาะมีผลต่อการเลือกซื้อขนมสาลี่ จำเป็นต้องผลิตขนมให้ได้ปริมาตรที่มาก เนื่องจากขนมสาลี่ที่มีปริมาตรดีจะดูน่ารับประทาน ดูขึ้นฟูนุ่มและรู้สึกว่ามีเนื้อขนมเยอะ สำหรับค่า Water activity จะเห็นได้ว่าขนมสาลี่มีการเสื่อมเสียรวดเร็ว อายุการเก็บสั้น เนื่องจากมีค่า Water activity สูง

ตารางที่ 14 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่า Water activity ของขนมสาลี่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ขนมสาลี่	ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)	ค่า Water activity (a_w)
เอกชัย	3.09 ^d ± 0.17	0.93 ^b ± 0.01
แม่ขวัญจิต	4.86 ^a ± 0.15	0.93 ^b ± 0.01
ทวีวรรณ	2.46 ^e ± 0.06	0.91 ^c ± 0.01
ศูนย์ของดีเมืองสุพรรณ	2.44 ^e ± 0.15	0.95 ^a ± 0.01
โสภาเจริญ	3.60 ^c ± 0.10	0.87 ^e ± 0.01
เจริญชัย	4.31 ^b ± 0.16	0.93 ^b ± 0.01
แม่บัว	3.27 ^{cd} ± 0.14	0.89 ^d ± 0.01
ทรงนิมิตร	2.70 ^e ± 0.14	0.95 ^a ± 0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สำหรับการวัดค่าสีในการทดลองใช้ขนมสาลี่กลั่นใบเตยในการวัดค่าสี สีที่ใช้ในการทำขนมสาลี่กลั่นใบเตยร้านค้าต่างๆก็ให้สีเขียว จากการวัดค่าสีพบว่าขนมสาลี่ที่จำหน่ายในท้องตลาดมีสีขนมออกเป็นสีเขียวเหลืองสว่าง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 69.80 – 80.95 ค่า a^* อยู่ในช่วง -11.41 ถึง -1.64 ค่า b^* อยู่ในช่วง 29.77 – 40.58 และค่า h^* อยู่ในช่วง 92.74 – 106.99 ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าสีของขนมสาลี่ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ขนมสาลี่	ค่าสีในระบบ CIE LAB			
	L*	a*	b*	h* (°)
เอกชัย	77.12 ^{bc} ± 0.74	- 5.38 ^d ± 1.37	33.36 ^{cd} ± 0.45	99.17 ^e ± 2.39
แม่ขวัญจิต	78.22 ^b ± 1.31	- 7.58 ^f ± 0.43	31.67 ^f ± 0.61	103.47 ^c ± 0.91
ทวิวรรณ	69.80 ^e ± 0.47	- 1.64 ^a ± 0.11	34.27 ^b ± 0.52	92.74 ^h ± 0.17
ศูนย์ของดีฯ	77.49 ^{bc} ± 1.08	- 2.42 ^b ± 0.44	29.77 ^g ± 0.94	94.67 ^g ± 0.89
โสภาเจริญ	75.00 ^d ± 1.53	-11.41 ^h ± 1.12	40.58 ^a ± 1.23	105.68 ^b ± 1.18
เจริญชัย	76.83 ^c ± 1.46	-10.24 ^g ± 0.34	33.51 ^c ± 0.95	106.99 ^a ± 0.12
แม่บัว	75.06 ^d ± 1.91	- 6.30 ^e ± 0.34	32.66 ^{de} ± 1.10	100.91 ^d ± 0.37
ทรงนิมิตร	80.95 ^a ± 1.37	- 4.36 ^c ± 0.13	32.03 ^{ef} ± 0.52	97.75 ^f ± 0.26

หมายเหตุ ตัวอักษรเดียวกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สำหรับคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส ได้ผลแสดงในตารางที่ 16 ทำการวัดค่า Degree of Elasticity ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ที่ถูกกดลงไปร้อยละ 60 ของความสูงของตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าค่า Degree of Elasticity ของขนมสาลี่ที่ได้ทำการสำรวจตลาดอยู่ในช่วงร้อยละ 26.46 – 35.34 โดยขนมสาลี่ยี่ห้อเอกชัย, ทวิวรรณ, ศูนย์ของดีเมืองสุพรรณ และโสภาเจริญ มีค่า Degree of Elasticity ที่ไม่แตกต่างกันที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีค่า Degree of Elasticity สูงกว่ายี่ห้ออื่นๆ แสดงว่ามีการคืนตัวสูงกว่า สำหรับค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส (TPA) ของขนมสาลี่ที่ได้ทำการสำรวจตลาด มีค่า Hardness อยู่ในช่วง 3.32 – 12.95 N ค่า Cohesiveness อยู่ในช่วง 0.46 – 0.56 ค่า Springiness Index อยู่ในช่วง 0.83 – 0.84 ค่า Chewiness อยู่ในช่วง 14.39 – 51.78 Nmm และค่า Stiffness อยู่ในช่วง 0.96 – 4.03 N/mm เมื่อพิจารณาค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสแต่ละค่าของขนมแต่ละตัว พบว่าขนมสาลี่ทวิวรรณมีลักษณะทางเนื้อสัมผัสแตกต่างจากขนมสาลี่ยี่ห้ออื่นๆมาก ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากการใช้พิมพ์ในลักษณะที่แตกต่างจากขนมสาลี่ตัวอื่นๆ เนื่องจากพิมพ์ขนมของขนมสาลี่ทวิวรรณเป็นพิมพ์ขนมปังขนาดเล็ก ไม่ได้ใช้พิมพ์ขนาดใหญ่เหมือนขนมสาลี่ตัวอื่นๆ ความร้อนที่เข้าสู่เนื้อขนมอาจแตกต่างกันไป หรืออาจเป็นที่ส่วนผสมของขนมสาลี่ก็เป็นไปได้

ตารางที่ 16 คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมสาลี่ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ขนมสาลี่	Degree of Elasticity ¹ (ร้อยละ)	ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ²				
		Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness Index	Chewiness (Nmm)	Stiffness (N/mm)
เอกชัย	35.24 ^a ± 2.15	3.72 ^{ef} ± 0.86	0.56 ^a ± 0.02	0.84 ^{ab} ± 0.02	20.18 ^{cd} ± 4.44	1.28 ^b ± 0.76
แม่ขวัญจิต	31.30 ^b ± 2.49	5.52 ^{cd} ± 1.84	0.52 ^b ± 0.03	0.83 ^{ab} ± 0.02	27.82 ^b ± 10.44	1.62 ^b ± 1.38
ทวีวรรณ	34.37 ^a ± 2.55	12.95 ^a ± 2.77	0.46 ^d ± 0.03	0.84 ^a ± 0.01	51.78 ^a ± 15.33	4.03 ^a ± 2.78
ศูนย์ฯ ของดี	35.34 ^a ± 2.66	6.05 ^c ± 1.77	0.51 ^{bc} ± 0.03	0.83 ^{ab} ± 0.02	23.57 ^{bc} ± 5.25	1.30 ^b ± 0.60
โสภาเจริญ	34.70 ^a ± 3.58	7.53 ^b ± 3.49	0.55 ^a ± 0.03	0.83 ^b ± 0.02	22.04 ^{cd} ± 8.42	1.62 ^b ± 1.17
เจริญชัย	26.46 ^d ± 2.33	3.32 ^f ± 0.68	0.50 ^{bc} ± 0.02	0.83 ^b ± 0.02	14.39 ^e ± 2.96	0.96 ^b ± 0.80
แม่บัว	29.36 ^c ± 3.08	3.99 ^{ef} ± 0.81	0.49 ^c ± 0.03	0.83 ^b ± 0.01	17.29 ^{de} ± 3.42	1.11 ^b ± 0.45
ทรงนิมิตร	26.58 ^d ± 3.01	4.64 ^{de} ± 1.13	0.55 ^a ± 0.03	0.83 ^{bc} ± 0.01	17.35 ^e ± 6.26	1.33 ^b ± 1.57

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ¹ ค่า Degree of Elasticity ใช้สูตรการคำนวณของ Kaletunc *et al.* (1991)

- ² การวัดค่าด้วยวิธี Single Hardness และ Texture Profile Analysis (TPA) ดัดแปลงวิธีของ Barrett *et al.* (2000)

จากการตรวจสอบค่าคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างส้มของขนมสาลี่ในท้องตลาด ทั้ง 8 ตัวอย่าง จึงทำการกำหนดช่วงของค่าคุณภาพต่างๆของขนมสาลี่ในท้องตลาดไว้ดังแสดงในตารางที่ 17 โดยขนมสาลี่ที่ผลิตได้จากการพัฒนาควรมีค่าคุณภาพต่างๆอยู่ในช่วงที่กำหนดซึ่งเป็นช่วงที่ผู้บริโภคยอมรับ

ตารางที่ 17 ช่วงของค่าคุณภาพของคุณลักษณะต่างๆที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างขนมสาลี่ในท้องตลาด

คุณลักษณะ	ช่วงของค่าคุณภาพ
ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)	2.44 – 4.86
Water activity	0.87 – 0.95
L*	69.80 – 80.95
a*	(-11.41) – (-1.64)
b*	29.77 – 40.58
h* (°)	92.74 – 106.94
Degree of elasticity (ร้อยละ)	26.46 – 35.34
Hardness (N)	3.32 – 12.95
Cohesiveness	0.46 – 0.56
Springiness Index	0.83 – 0.84
Chewiness (Nmm)	14.39 – 51.78
Stiffness (N/mm)	0.96 – 4.03

2. การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิต

2.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

จากการนำสูตร 3 สูตรของสำนักพิมพ์แม่บ้าน (ม.ป.ป), ยิ่งศักดิ์ (2543) และเพ็ญแข (2545) ที่ได้จากตำราประกอบอาหาร (วิธีการทดลองข้อที่ 2) มาทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานโดย

พิจารณาด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัสและวิธีทางกายภาพกับขนมสาลี่ทั้ง 3 สูตร ภาพเปรียบเทียบขนมทั้ง 3 สูตร ดังแสดงในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ขนมสาลี่ที่ผลิตขึ้นจากสูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

2.1.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมสาลี่ทั้ง 3 สูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

พิจารณาค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่างๆของขนมสาลี่ทั้ง 3 สูตร ผลจากการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 คะแนนความชอบของขนมสาลี่ทั้ง 3 สูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

สูตร ขนมสาลี่ ¹	เนื้อสัมผัส	การขึ้นฟู	รสหวาน	กลิ่นรสไข่	ความชอบรวม
สูตรที่ 1	4.6 ^b ± 2.2	4.2 ^b ± 2.0	5.8 ^b ± 1.6	5.2 ^a ± 1.7	4.8 ^b ± 2.4
สูตรที่ 2	5.8 ^a ± 2.1	5.9 ^a ± 2.0	5.6 ^b ± 1.6	5.3 ^a ± 1.5	5.7 ^a ± 1.8
สูตรที่ 3	6.2 ^a ± 1.5	6.2 ^a ± 1.3	6.5 ^a ± 1.1	5.8 ^a ± 1.6	6.2 ^a ± 1.2

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ¹ สูตรที่ 1: สูตรของสำนักพิมพ์แม่บ้าน (ม.ป.ป.)
- สูตรที่ 2: สูตรของยิ่งศักดิ์ (2543)
- สูตรที่ 3: สูตรของเพ็ญแข (2545)

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่างๆของขนมสาเล่ ค่าคะแนนความชอบแสดงในตารางที่ 18 พบว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในคุณภาพด้านความชอบรวม เนื้อสัมผัส การขึ้นฟู โดยที่คะแนนความชอบที่มีต่อสูตรที่ 3 สูงกว่าของสูตรที่ 2 สำหรับคุณภาพด้านความหวานของสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และคุณภาพด้านกลิ่นไข่ทั้งสามสูตรไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจากคะแนนที่ได้อยู่ในระดับเฉยๆ - ชอบเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นสูตรที่จะทำการคัดเลือกเป็นสูตรพื้นฐานนั้น ยังสามารถปรับปรุงคุณภาพเหล่านี้ให้ดีขึ้นอีกได้ จากค่าคะแนนความชอบด้านต่างๆของผู้บริโภคทำให้เห็นว่า มีสูตรที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มในการใช้เป็นสูตรพื้นฐานมากกว่าสูตรที่ 1

2.1.2 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของขนมสาเล่ทั้ง 3 สูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

ทำการวิเคราะห์ค่าทางคุณภาพต่างๆของขนมสาเล่ทั้งสามสูตร จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ตารางที่ 19 คุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ผลิตขึ้นจากสูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร และขนมสาลี่ต้นแบบ (เอกชัย)

สูตร ขนมสาลี่ ¹	ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)	a _w	Degree of Elasticity ² (ร้อยละ)	ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส (TPA) ³				
				Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness Index	Chewiness (Nmm)	Stiffness (N/mm)
สูตรที่ 1	1.21 ^c ± 0.02	0.96 ^a ± 0.01	30.42 ^b ± 4.99	16.62 ^a ± 9.48	0.55 ^a ± 0.02	0.80 ^c ± 0.02	178.75 ^a ± 46.72	8.59 ^c ± 1.42
สูตรที่ 2	3.01 ^b ± 0.03	0.92 ^b ± 0.01	36.67 ^a ± 1.92	9.78 ^b ± 1.36	0.51 ^b ± 0.01	0.85 ^a ± 0.01	37.96 ^b ± 6.30	2.39 ^b ± 0.51
สูตรที่ 3	3.31 ^a ± 0.04	0.89 ^c ± 0.02	37.03 ^a ± 1.47	5.78 ^{bc} ± 1.11	0.55 ^a ± 0.02	0.83 ^b ± 0.02	20.08 ^b ± 2.47	1.15 ^a ± 0.23
เอกชัย	3.09 ^b ± 0.17	0.93 ^b ± 0.01	35.24 ^a ± 2.15	3.72 ^c ± 0.86	0.56 ^a ± 0.02	0.84 ^b ± 0.02	20.18 ^b ± 4.44	1.27 ^a ± 0.37

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ¹ สูตรที่ 1: สูตรของสำนักพิมพ์แม่บ้าน (ม.ป.ป.)

สูตรที่ 2: สูตรของยี่งศ์ดี (2543)

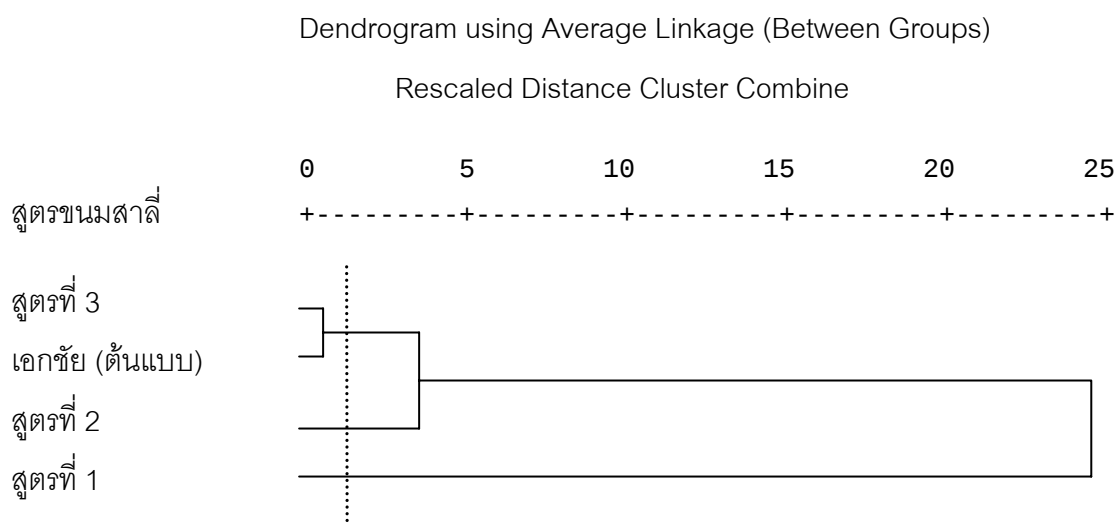
สูตรที่ 3: สูตรของเพ็ญแข (2545)

- ² ค่า Degree of Elasticity ใช้สูตรการคำนวณของ Kaletunc *et al.* (1991)

- ³ การวัดค่าด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ดัดแปลงวิธีของ Barrett *et al.* (2000)

พิจารณาค่าทางกายภาพต่างๆของทั้ง 3 สูตรกับค่าของช่วงคุณลักษณะของขนมในท้องตลาด (ตารางที่ 17) พบว่าขนมสูตรที่ 2 และ 3 อยู่ในช่วงคุณลักษณะของขนมในท้องตลาด ส่วนสูตรที่ 1 นั้นอยู่ในช่วงน้อยมาก ซึ่งหากพิจารณาจากสูตรของขนมสูตรที่ 1 นั้นจะเห็นว่าการใส่น้ำมะนาวลงไปในสูตรด้วยซึ่งอาจมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมสาลี่ โดย ศิวาพร (2542) กล่าวว่า การใส่น้ำมะนาวในสูตรอาจเนื่องมาจากการเติมกรดลงไปช่วยให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ แต่การใส่กรดลงไปนั้นก็มีผลต่อค่าพีเอชของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ทำให้โปรตีนของฟองไข่ขาวไม่คืนตัวกลับมาได้อีก ถ้ามีไข่แดงปนอยู่การใส่กรดอื่นก็ไม่ช่วยให้ฟองไข่ขาวที่ดีได้มีความอยู่ตัวดีขึ้น (สุวรรณ, 2529) ค่าพีเอชเบี่ยงเบนมาทางความเป็นกรด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อละเอียดเกินไป ปริมาตรขนมต่ำ (ศิริลักษณ์ และกมลวรรณ, 2544) ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าการเติมน้ำมะนาวลงไปทำให้ค่าคะแนนความชอบรวมต่อค่าคุณลักษณะด้านต่างๆของขนมสูตรที่ 1 มีความแตกต่างไปจากขนมสูตรที่ 2 และ 3 มาก จากการวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะในตารางที่ 19 ค่าคุณลักษณะด้านต่างๆของสูตรที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบมากกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 ตามลำดับ โดยค่าปริมาตรจำเพาะและ Water activity ของสูตรที่ 3 จะมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เอกชัย) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ค่าคุณลักษณะด้านปริมาตรจำเพาะของสูตรที่ 3 มีค่าสูงกว่า เมื่อสูตรที่ 3 มีปริมาตรจำเพาะที่ดีกว่าแสดงว่าสูตรที่ 3 มีการขึ้นฟูมากกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนค่า Water activity ของสูตรที่ 3 ก็มิต่ำกว่านั่นคือเสื่อมเสียได้ยากกว่า สำหรับค่าคุณลักษณะด้านอื่นๆของสูตรที่ 3 นั้นไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 3 มีแนวโน้มในการได้รับการคัดเลือกเป็นสูตรพื้นฐานมากกว่าสูตรอื่นๆ

จากนั้นนำค่าทางกายภาพซึ่งประกอบด้วยค่าปริมาตรจำเพาะ, Water Activity, Degree of Elasticity, Hardness, Cohesiveness, Springiness Index, Chewiness และ Stiffness ของขนมสาลี่ทั้ง 3 สูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานและของขนมสาลี่ต้นแบบ (เอกชัย) ดังแสดงในตารางที่ 19 มาทำการจัดกลุ่มเปรียบเทียบกับขนมสาลี่ต้นแบบ (เอกชัย) เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐาน ด้วยวิธี Cluster Analysis ได้ภาพเดนโดแกรม ดังแสดงในภาพที่ 25 จะเห็นได้ว่าขนมสาลี่สูตรที่ 3 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับขนมสาลี่ต้นแบบ (เอกชัย)



ภาพที่ 25 เดนโดแกรมแสดงการจัดกลุ่มของขนมสาลี่ที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร กับขนมสาลี่ต้นแบบ (เอกชัย) เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐาน ด้วยวิธี Cluster Analysis

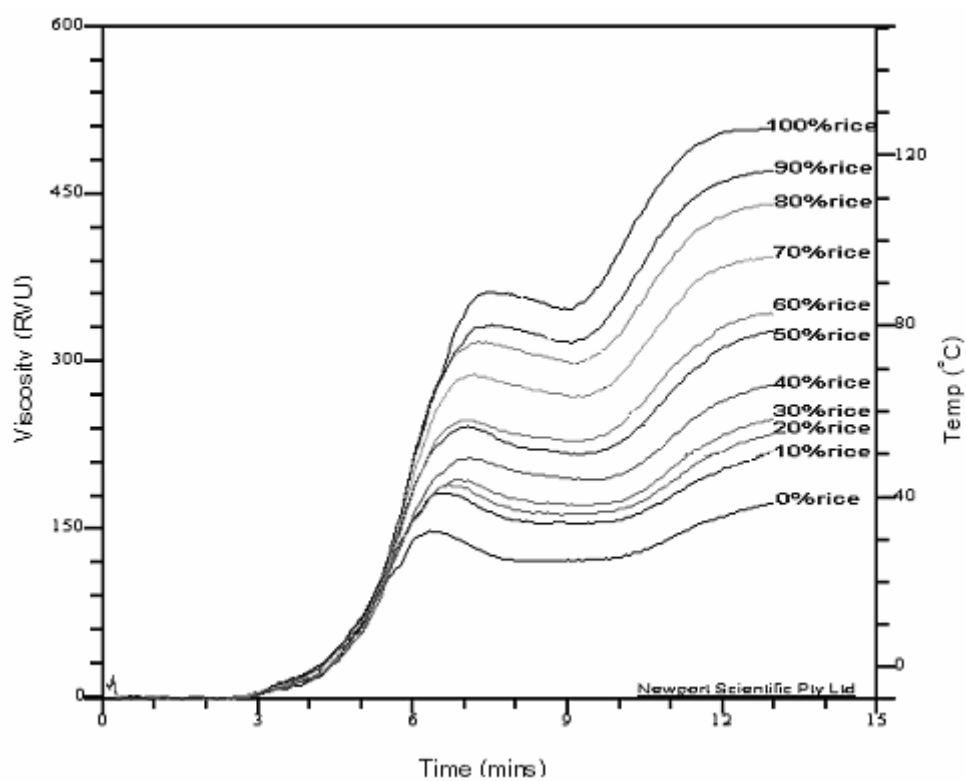
ดังนั้นในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานจึงทำการเลือกสูตรที่ 3 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาสูตรขั้นต่อไป ถึงแม้ว่าสูตรที่ 3 และสูตรที่ 2 จะมีคะแนนความชอบด้านต่างๆไม่แตกต่างกัน แต่สูตรที่ 3 มีปริมาตรจำเพาะของเนื้อขนมและค่า Degree of Elasticity มากกว่าซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 3 มีการขึ้นฟูและการคืนตัวที่ดีกว่าอีก 2 สูตร ค่า Water activity (a_w) ของสูตรที่ 3 ต่ำกว่า หมายความว่าสูตรที่ 3 สามารถเก็บได้นานกว่า อีกทั้งจากการจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis สูตรที่ 3 ยังอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เอกชัย) ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 3 ใช้เป็นสูตรพื้นฐาน

2.2 การศึกษาหาค่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิ

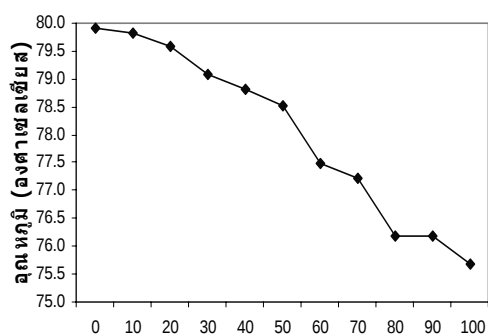
2.2.1 การวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนต่างๆกัน

ผลการนำแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 0 จนถึง 100 มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ดังแสดงในภาพที่ 26 จากนั้นนำค่าพฤติกรรมด้านความหนืดของแป้งแต่ละค่ามา

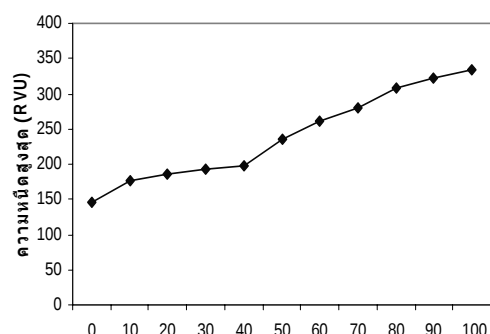
สร้างกราฟ เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่างๆ เมื่อมีการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 0 – 100 จะได้รูปกราฟดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 26 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งข้าวหอมมะลิ แป้งสาลี และแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 0 - 100 ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)



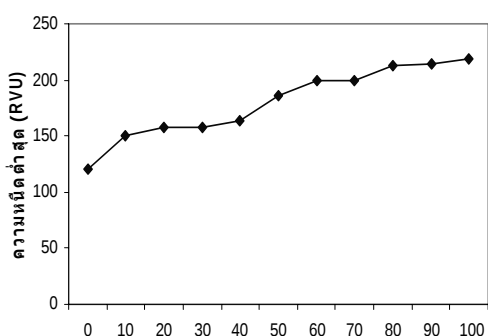
อัตราส่วนของแป้งข้าวที่ทดแทน (เปอร์เซ็นต์)



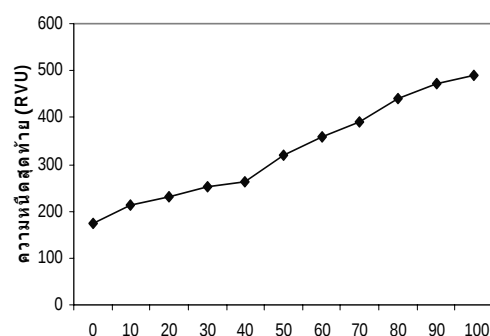
อัตราส่วนของแป้งข้าวที่ทดแทน (เปอร์เซ็นต์)

(ก) อุณหภูมิเริ่มพองตัว

(ข) ความหนืดสูงสุด



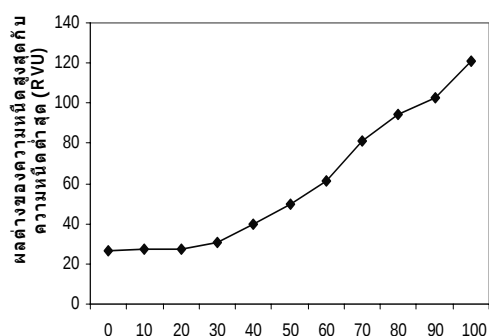
อัตราส่วนของแป้งข้าวที่ทดแทน (เปอร์เซ็นต์)



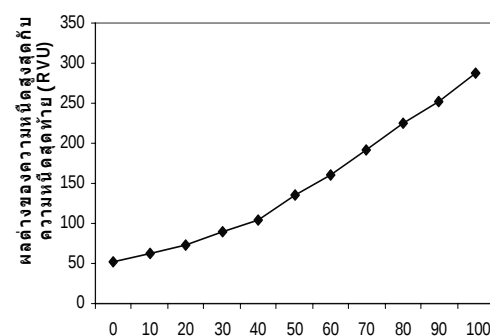
อัตราส่วนของแป้งข้าวที่ทดแทน (เปอร์เซ็นต์)

(ค) ความหนืดต่ำสุด

(ง) ความหนืดสุดท้าย



อัตราส่วนของแป้งข้าวที่ทดแทน (เปอร์เซ็นต์)



อัตราส่วนของแป้งข้าวที่ทดแทน (เปอร์เซ็นต์)

(จ) ผลต่างของความหนืดสูงสุดกับความหนืดสุดท้าย

(ฉ) ผลต่างของความหนืดสูงสุดกับความหนืดสุดท้าย

ภาพที่ 27 พฤติกรรมด้านความหนืดของแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลินี้อัตราส่วนร้อยละ 0 - 100 ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

จากภาพที่ 26 – 27 สามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านความข้นหนืดได้ดังนี้

(1) อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (Pasting temperature)

จากภาพที่ 27 (ก) พบว่ายิ่งทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้นเท่าใด อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดยิ่งมีแนวโน้มลดลง แสดงว่ายิ่งมีอัตราส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิมากการพองตัวก็จะยิ่งดีมากขึ้น เป็นผลจากโปรตีนและปริมาณแอมิโลสในเมล็ดแป้ง แป้งสาลีมีโปรตีนมากกว่าแป้งข้าวหอมมะลิ โปรตีนสามารถสร้างพันธะระหว่างร่างแห micelles ภายในเมล็ดแป้ง ทำให้โมเลกุลแป้งแข็งแรงขึ้น การพองตัวของแป้งสาลีจึงยากกว่า (กล้านรงค์และเกื้อกูล, 2543) สำหรับปริมาณแอมิโลส แป้งสาลีมีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าแป้งข้าวหอมมะลิ ทำให้มีการพองตัวต่ำกว่าแป้งข้าวหอมมะลิ โดยจากการทดลองของ Noosuk *et al.* (2003) พบว่า ข้าวเหนียวมีโครงสร้างที่ทำให้มีการดูดน้ำและเกิดการพองตัวมากกว่าข้าวเจ้า ข้าวเหนียวมีค่าแอมิโลสต่ำกว่าข้าวเจ้า แสดงว่ายิ่งมีปริมาณแอมิโลสต่ำก็จะยิ่งทำให้ค่าการพองตัวและการดูดซึมน้ำยิ่งมากขึ้น จากการทดลองในครั้งนี้ แป้งข้าวสาลีมีปริมาณแอมิโลสมากกว่าแป้งข้าวหอมมะลิ ทำให้แป้งข้าวหอมมะลิเกิดการพองตัวและดูดซึมน้ำได้ดีกว่าแป้งสาลี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พรวิมล (2544) ที่กล่าวว่าคุณสมบัติของแป้งข้าวหอมมะลิมีความสามารถในการดูดซึมน้ำ และพองตัวมากกว่าแป้งสาลีโปรตีนชนิดต่ำขมนมปัง เนื่องจากมีปริมาณแอมิโลสน้อยกว่า โดยแป้งที่มาจากแหล่งเดียวกัน แป้งที่มีกำลังการพองตัวสูงกว่าจะมีอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำกว่า (ปิติพร, 2546) ในการทดลองนี้ทั้งแป้งข้าวหอมมะลิและแป้งสาลีก็นับเป็นแป้งที่ได้จากธัญพืชเหมือนกัน โดยแป้งข้าวหอมมะลิมีกำลังการพองตัวดีกว่า ดังนั้นยิ่งทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนที่มากขึ้น อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดก็จะยิ่งต่ำลง

(2) ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity)

เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งยิ่งสูงขึ้นแป้งจะยิ่งมีความหนืดเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่แป้งพองตัวเต็มที่ จุดที่น้ำแป้งมีความหนืดสูงสุดเรียกว่า peak viscosity ค่าความหนืดสูงสุดเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของแป้งในการจับตัวกับน้ำและแรงที่ต้องใช้ในการกวนหรือผสมอาหาร (Newport Scientific, 1995) จากภาพที่ 27 (ข) พบว่ายิ่งแป้งผสมมีสัดส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้นเท่าใด ความหนืด

สูงสุดก็จะยิ่งมากขึ้นด้วยโดย Noosuk *et al.* (2003) กล่าวว่าโครงสร้างของการดูดน้ำและการพองตัวที่มากกว่าจะส่งผลให้ค่าความหนืดสูงกว่า แป้งข้าวหอมมะลิพองตัวได้ดีกว่าแป้งสาลี ดังนั้นหากยิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิให้เพิ่มขึ้นค่าความหนืดสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้น

(3) ค่าความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity)

เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดการพองตัวแล้วให้ความร้อนต่อ โดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และจะคงที่เป็นระยะเวลาหนึ่ง มีผลทำให้แกนของเม็ดแป้งพองตัวมากจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของเอมิโลสขนาดเล็กเกิดการกระจายตัวออกมาความหนืดจึงลดลงเรื่อยๆ จนถึงความหนืดต่ำสุด (trough) การใช้ความร้อนสูงหรือมีการใช้แรงกลมากจะทำให้เม็ดแป้งแตกและความหนืดลดลง (กล้าณรงค์, 2542) ค่าความหนืดต่ำสุดเป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าความหนืดต่ำสุดของแป้งที่เกิดจากการให้ความร้อนและแรงกวนที่ใช้ในการผสม (Newport Scientific, 1995) จากภาพที่ 27 (ค) พบว่ายิ่งทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้นเท่าใด ค่าความหนืดต่ำสุดยิ่งสูงขึ้น

(4) ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity)

ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงคุณภาพของแป้งและเป็นตัวชี้ลักษณะของแป้งหรือผลิตภัณฑ์ว่ามีลักษณะเป็นแป้งเปียกหรือเจลเมื่อผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็น (Newport Scientific, 1995) จากภาพที่ 27 (ง) พบว่ายิ่งทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิมากขึ้นเท่าใด ค่าความหนืดสุดท้ายยิ่งสูงขึ้น โดยพบว่าแป้งทั้ง 11 สิ่งทดลองมีค่าความหนืดสุดท้ายมากกว่าค่าความหนืดต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าเมื่อผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล โดยแป้งข้าวหอมมะลิจจะมีเจลที่มีลักษณะแข็งกว่าแป้งสาลี

(5) ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Breakdown)

ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด (breakdown) จะบอกความสามารถในด้านการทนความร้อนและการกวนของเม็ดแป้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการผลิต (Newport Scientific, 1995) หากค่า breakdown สูงเม็ดแป้งน่าจะทนความร้อนได้ดี

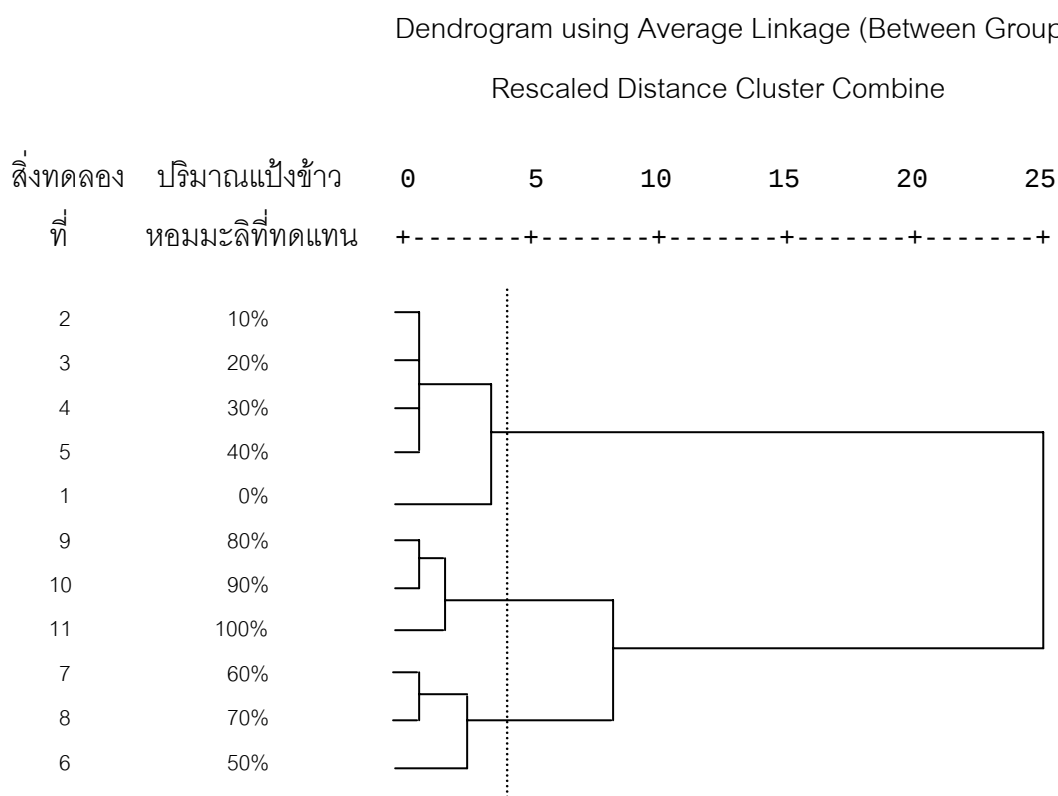
(กล้านรงค์และเกื้อกูล, 2543) จากภาพที่ 27 (จ) จะเห็นว่ายิ่งมีสัดส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิน้ำมากขึ้นค่า breakdown ยิ่งสูงขึ้น นั่นแสดงว่าเม็ดแป้งของแป้งข้าวหอมมะลิน้ำมีความร้อนได้ดีกว่าแป้งสาลี

(6) การคืนตัว (Setback viscosity)

โมเลกุลของแอมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เป็นการคืนตัวของน้ำแป้งสุก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่ารีโทรกราเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว (set back) โดยผลต่างของความหนืดสูงสุดกับความหนืดสุดท้าย (set back from trough) สามารถบอกถึงการเกิดรีโทรกราเดชัน (กล้านรงค์และเกื้อกูล, 2543) ค่าการคืนตัวมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ค่าการคืนตัวมากหรือมีค่าเป็นบวก มีลักษณะการเกิดรีโทรกราเดชันได้ดี มีแนวโน้มจะให้เจลแป้งแข็งมาก (Beta and Corke, 2001) จากการวิเคราะห์ค่า set back from trough ในภาพที่ 27 (ฉ) พบว่ายิ่งเพิ่มสัดส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิน้ำในแป้งผสมก็ยิ่งเกิดการรีโทรกราเดชันได้สูงขึ้น

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์น้ำแป้งด้วยเครื่อง RVA พบว่ายิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิน้ำในแป้งผสม เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวได้ดีมากขึ้น โดยอุณหภูมิเจลาทีไนซ์จะต่ำกว่าแป้งผสมที่มีอัตราส่วนของแป้งสาลีมากและจะเกิดการรีโทรกราเดชันได้สูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวหอมมะลิน้ำมากขึ้น

เมื่อนำผลพฤติกรรมด้านความหนืดของทั้ง 11 สิ่งทดลองมาทำการจัดกลุ่มด้วยวิธี Cluster Analysis ได้ผลดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 เดนโดแกรมแสดงการจัดกลุ่มของพฤติกรรมด้านความหนืดของแป้งทั้ง 11 สิ่งทดลอง เพื่อดูแนวโน้มในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิ ด้วยวิธี Cluster Analysis

จากการจัดกลุ่มโดยการวิเคราะห์พฤติกรรมด้านความหนืด พบว่า แป้งสาลีร้อยละ 100 (แป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 0) จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 10 – 40 จึงอาจกล่าวได้ว่ามีแนวโน้มในการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีได้ถึงร้อยละ 40

2.2.2 คัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี

คัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี ทำการจัดกลุ่มโดยใช้ค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิตั้งแต่ร้อยละ 0 – 100 โดยค่าคุณลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการจัดกลุ่มซึ่งประกอบไปด้วย ค่าปริมาตรจำเพาะ, Degree of Elasticity, Hardness, Cohesiveness, Springiness Index, Chewiness และ Stiffness ค่าแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 คุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิ ตั้งแต่ร้อยละ 0 – 100

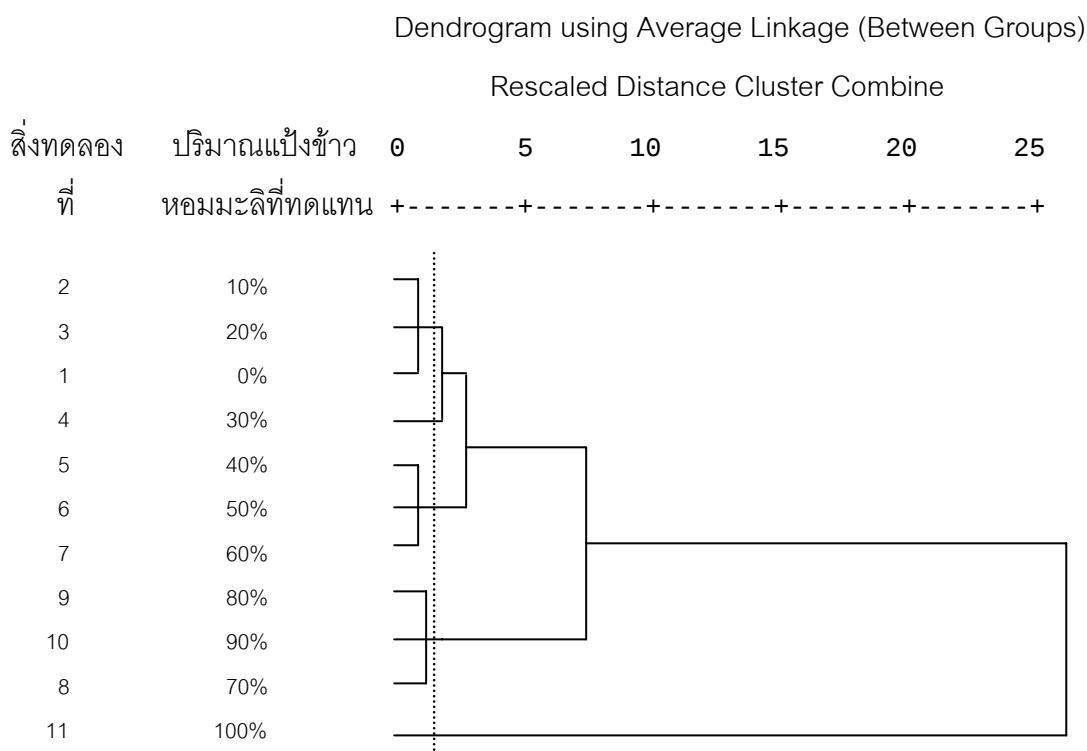
สิ่งทดลองที่	ขนมสาลี่ที่ทดแทนด้วย		Degree of	ค่าเค้าโครงเนื้อสัมผัส (TPA) ²				
	แป้งข้าวหอมมะลิใน	ปริมาตรจำเพาะ		Hardness	Cohesiveness	Springiness	Chewiness	Stiffness
	อัตราส่วน (ร้อยละ)	(ซม. ³ /กรัม)	Elasticity ¹ (ร้อยละ)					
1	0	3.53 ^a ± 0.11	33.00 ⁱ ± 1.53	5.06 ^e ± 0.60	0.55 ^{ab} ± 0.03	0.83 ^c ± 0.02	18.64 ^f ± 1.80	0.88 ^b ± 0.13
2	10	3.51 ^a ± 0.15	33.81 ^h ± 1.08	5.23 ^{de} ± 0.65	0.55 ^{ab} ± 0.02	0.83 ^c ± 0.02	19.63 ^f ± 1.57	1.12 ^b ± 0.32
3	20	3.46 ^{ab} ± 0.03	33.88 ^h ± 1.31	5.45 ^{de} ± 0.56	0.55 ^{ab} ± 0.03	0.83 ^{bc} ± 0.01	21.31 ^{ef} ± 1.64	1.08 ^b ± 0.17
4	30	3.28 ^{bc} ± 0.01	34.57 ^g ± 0.87	5.70 ^{de} ± 0.53	0.54 ^b ± 0.02	0.83 ^c ± 0.01	22.11 ^{ef} ± 1.67	1.46 ^b ± 0.26
5	40	3.24 ^{cd} ± 0.12	35.35 ^f ± 0.50	5.83 ^{de} ± 0.72	0.56 ^{ab} ± 0.02	0.84 ^{bc} ± 0.02	24.31 ^{de} ± 2.73	1.65 ^b ± 0.56
6	50	3.15 ^{cd} ± 0.05	36.58 ^e ± 1.34	5.84 ^d ± 0.44	0.56 ^{ab} ± 0.03	0.83 ^{bc} ± 0.02	26.56 ^{cd} ± 3.18	2.00 ^b ± 0.64
7	60	3.13 ^{cd} ± 0.11	37.14 ^d ± 0.31	5.89 ^d ± 0.68	0.55 ^{ab} ± 0.02	0.83 ^{bc} ± 0.02	27.30 ^{cd} ± 4.79	1.98 ^b ± 0.59
8	70	3.09 ^{cd} ± 0.05	37.68 ^c ± 0.87	6.60 ^c ± 0.50	0.57 ^{ab} ± 0.03	0.84 ^{bc} ± 0.02	27.56 ^{cd} ± 3.53	1.82 ^b ± 0.48
9	80	3.04 ^{de} ± 0.05	39.37 ^b ± 0.58	6.67 ^c ± 0.97	0.56 ^{ab} ± 0.02	0.86 ^{ab} ± 0.01	29.87 ^{bc} ± 3.23	2.06 ^b ± 0.29
10	90	2.85 ^{ef} ± 0.07	39.50 ^b ± 0.67	7.38 ^b ± 0.73	0.57 ^a ± 0.02	0.85 ^{ab} ± 0.04	32.04 ^b ± 5.04	2.33 ^b ± 0.73
11	100	2.66 ^f ± 0.29	40.23 ^a ± 1.08	9.95 ^a ± 1.63	0.57 ^{ab} ± 0.04	0.87 ^a ± 0.03	62.19 ^a ± 9.69	4.55 ^a ± 1.29

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ¹ ค่า Degree of Elasticity ใช้สูตรการคำนวณของ Kaletunc *et al.* (1991)

- ² การวัดค่าด้วยวิธี Single Hardness และ Texture Profile Analysis (TPA) ดัดแปลงวิธีของ Barrett *et al.* (2000)

นำค่าคุณลักษณะที่วัดได้จากตารางที่ 23 มาจัดกลุ่มด้วยวิธี Cluster Analysis โดยพิจารณาแผนภาพเดนโดแกรมและทำการหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี PCA โดยพิจารณา Biplot การจัดกลุ่มของการทดสอบการหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี ดังแสดงในภาพที่ 29 - 30



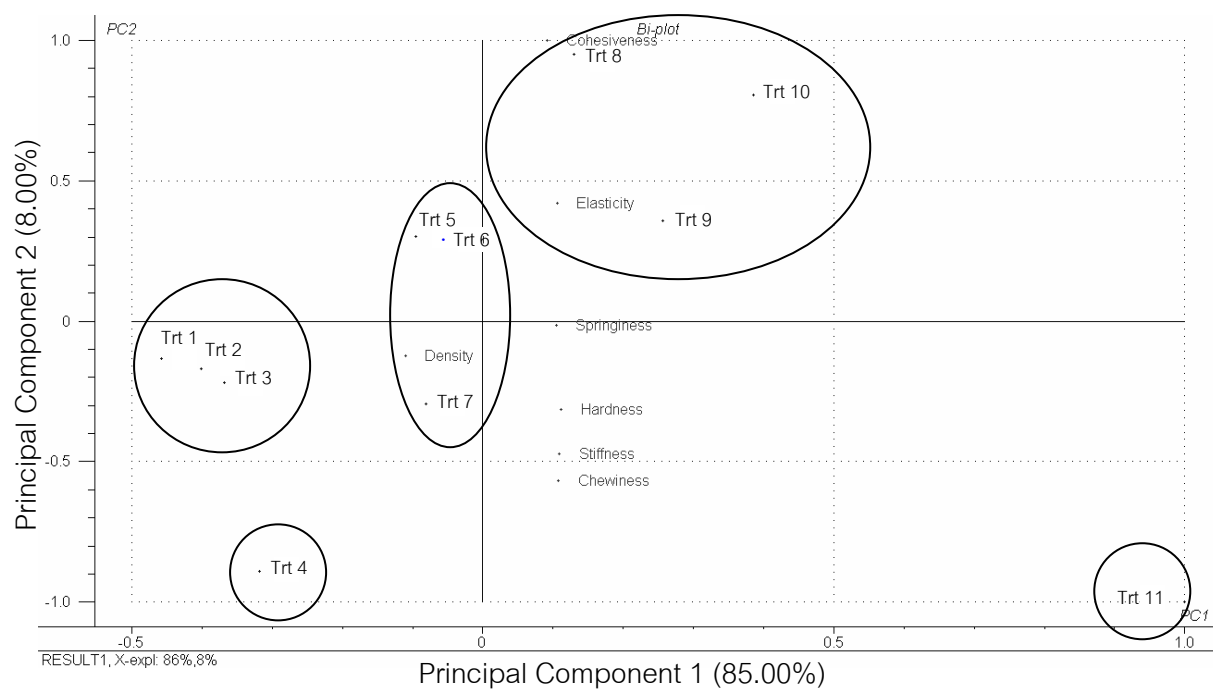
ภาพที่ 29 เดนโดแกรมแสดงการจัดกลุ่มของการทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี

จากการจัดกลุ่มด้วยวิธี Cluster Analysis ได้ภาพเดนโดแกรมดังภาพที่ 30 จะเห็นว่าอัตราส่วนในการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนที่ ร้อยละ 10 และ 20 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับขนมสาลีที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 0 ในการทดแทน (ซึ่งเป็นสิ่งทดลองควบคุมที่ใช้แป้งสาลี ร้อยละ 100) จากนั้นนำลักษณะต่างๆมาหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี PCA ทำการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆด้วยกราฟ Biplot

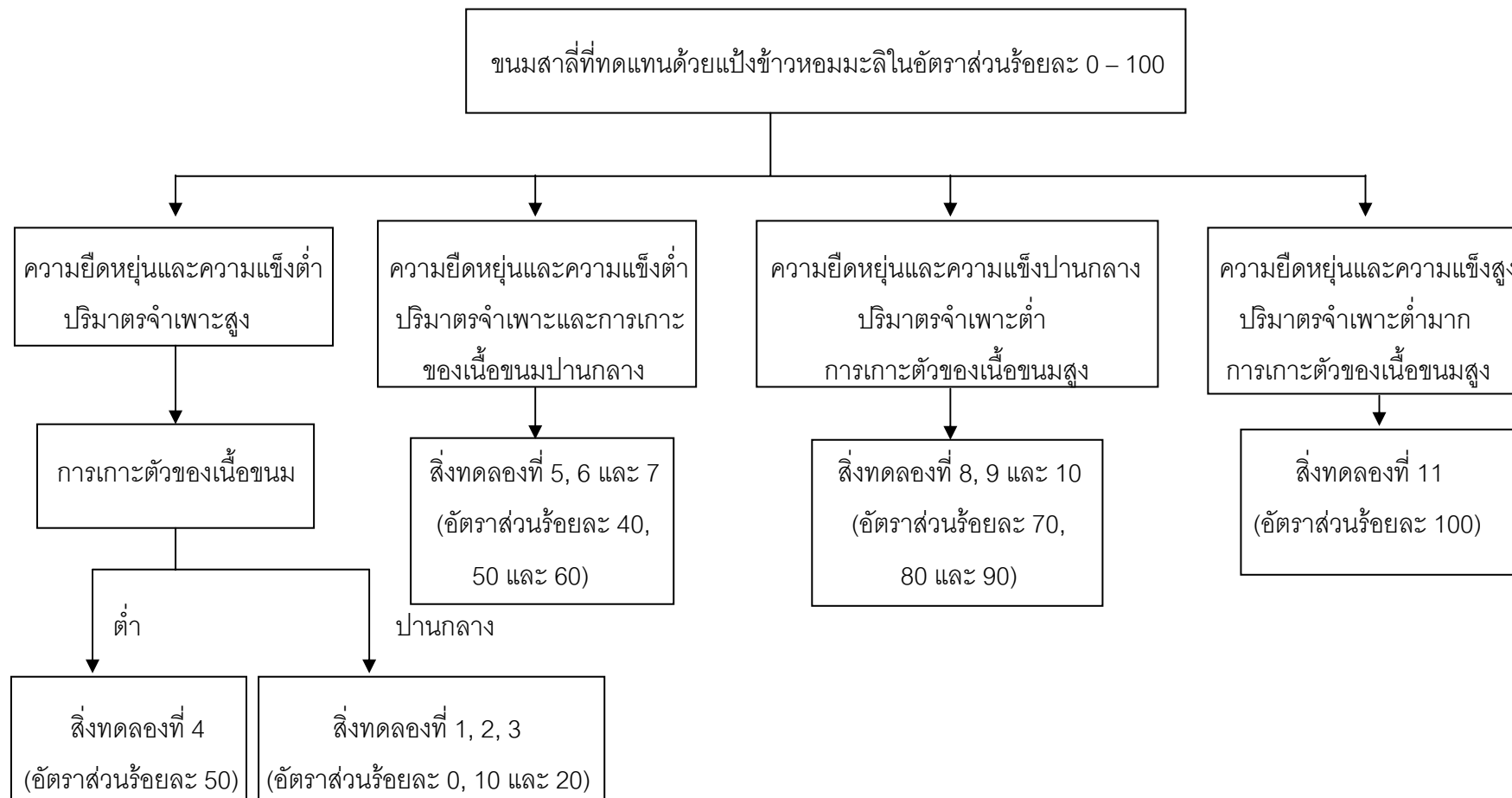
องค์ประกอบที่ 1 (แกน PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 85 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาตรจำเพาะ (Bulk density), Degree of elasticity, Hardness, Chewiness, Springiness Index และ Stiffness โดยองค์ประกอบที่ 1 สามารถแยกความแตกต่างของสิ่งทดลองได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นและความแข็งต่ำมาก แต่มีปริมาตรจำเพาะสูง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 2) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นและความแข็งต่ำ แต่มีปริมาตรจำเพาะปานกลาง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 5, 6 และ 7 3) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นและความแข็งปานกลาง แต่มีปริมาตรจำเพาะต่ำประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 8, 9 และ 10 4) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นและความแข็งสูง แต่มีปริมาตรจำเพาะต่ำมาก ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 11

องค์ประกอบที่ 2 (แกน PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 8 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับค่า Cohesiveness โดยองค์ประกอบที่ 2 สามารถแยกความแตกต่างของสิ่งทดลองออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีการเกาะยึดตัวของเนื้อขนมต่ำ ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 4 2) กลุ่มที่มีการเกาะยึดตัวของเนื้อขนมปานกลาง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3, 5, 6 และ 7 3) กลุ่มที่มีการเกาะยึดตัวของเนื้อขนมสูง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 8, 9, 10 และ 11

ดังนั้นจะสามารถแบ่งสิ่งทดลองทั้งหมดออกเป็น 5 กลุ่ม อธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้นได้ด้วยภาพ Biplot และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการศึกษาขนมสาลี่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลินี้อัตราส่วนร้อยละ 0 – 100 ดังแสดงในภาพที่ 30 – 31 ตามลำดับ



ภาพที่ 30 Biplot แสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ผสมด้วย
แป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 0 – 100



ภาพที่ 31 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการศึกษาขนมสาลี่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ

0 – 100

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis แล้วก็จะเห็นว่า การจัดกลุ่มของการทำ Biplot เหมือนกับการจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis โดยขนมสาลี่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับขนมสาลี่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 0 (แป้งสาลีร้อยละ 100)

นำขนมสาลี่ที่ผสมด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10 และ 20 ไปทดสอบค่าความชอบด้านต่างๆกับผู้บริโภคจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกให้เหลือเพียง 1 สูตรเท่านั้น

ตารางที่ 21 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของขนมสาลี่ที่ได้จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 0, 10 และ 20 จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

ขนมสาลี่ที่ทดแทนด้วย แป้งข้าวหอมมะลิใน อัตราส่วน (ร้อยละ)	ลักษณะ ปรากฏ ^{ns}	ความหวาน ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	ความนุ่ม ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชอบ รวม ^{ns}
0	7.2±0.9	6.9±1.0	6.5±0.8	6.9±1.0	7.0±0.8	7.0±0.7
10	7.0±1.0	6.8±0.8	6.5±0.9	6.8±1.0	6.8±0.8	6.8±0.9
20	7.2±0.9	6.8±0.9	6.6±0.9	6.8±1.1	6.8±0.9	6.9±0.9

หมายเหตุ ns หมายถึงค่าที่อยู่ในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 21 ปรากฏว่าความชอบที่มีต่อคุณลักษณะด้านต่างๆไม่แตกต่างกัน จึงคัดเลือกการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี่ที่ร้อยละ 20 เนื่องจากสามารถทดแทนได้ในอัตราส่วนที่มากที่สุด และยังมีความชอบที่ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนอื่นๆที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จากนั้นจะใช้สูตรที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนที่ร้อยละ 20 เป็นสูตรที่ใช้ทดลองในขั้นต่อไป

2.3 การปรับปรุงคุณภาพของขนมสาหร่ายที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิ

2.3.1 ศึกษาอิทธิพลของวัตถุดิบเสริมและขั้นตอนการผลิต

นำขนมสาหร่ายที่ผ่านการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 20 จากข้อ 2.2 มาทำการศึกษาถึงอิทธิพลของวัตถุดิบเสริม และขั้นตอนการผลิตที่มีผลต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส ในด้านปริมาตรจำเพาะ, Degree of Elasticity, Hardness, Cohesiveness, Springiness Index และ Stiffness โดยตัวแปรต้นหรือวัตถุดิบเสริมและขั้นตอนการผลิตที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณผงฟู ปริมาณเอสพี ความเร็วในการตีส่วนผสมกับน้ำตาล เวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสม และเวลาที่ใช้ในการนึ่งขนมสาหร่าย วางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman พบว่าได้ค่าทางสถิติของปัจจัยต่างๆและเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์จากการศึกษาอิทธิพลด้านวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 22 และ 23 ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ค่าทางสถิติ p-value จากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

ปัจจัย	ปริมาตรจำเพาะ	Degree of Elasticity	Hardness	Cohesiveness	Springiness Index	Chewiness	Stiffness
ผงฟู	0.317*	0.163*	0.166*	0.023*	0.382*	0.242*	0.136*
เอสพี	0.176*	0.143*	0.025*	0.050*	0.037*	0.021*	0.015*
ความเร็วในการตีส่วนผสมกับน้ำตาล	0.074*	0.288*	0.164*	0.144*	0.040*	0.243*	0.382*
เวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสมกับน้ำตาล	0.965	0.083*	0.367*	0.359*	0.629	0.370*	0.238*
เวลาที่ใช้ในการนึ่งขนมสาลี	0.303*	0.424	0.389*	0.630	0.437	0.942	0.830

หมายเหตุ * ค่า p-value จะพิจารณาว่ามีความสำคัญทางสถิติ เมื่อ $p\text{-value} \leq 0.4$ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 60)

ตารางที่ 23 เครื่องหมายของสัมประสิทธิ์จากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

ปัจจัย	ปริมาตรจำเพาะ	Degree of Elasticity	Hardness	Cohesiveness	Springiness Index	Chewiness	Stiffness
ผงฟู	+	+	–	+	–	–	–
เอสพี	–	–	+	–	+	+	+
ความเร็วในการตีส่วนผสมกับน้ำตาล	+	–	–	+	–	–	–
เวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสมกับน้ำตาล	–	+	+	+	+	+	+
เวลาที่ใช้ในการนึ่งขนมสาลี	–	+	+	+	–	+	–

จากการผลการทดลองจะทำการวิเคราะห์เครื่องหมายของค่า T-test (ค่าสัมประสิทธิ์) ซึ่งจะบอกให้ทราบว่าปัจจัยดังกล่าวส่งอิทธิพลแบบแปรตาม (เป็นบวก) หรือแปรผกผัน (เป็นลบ) กับค่าสังเกตนั้นๆ โดยการแปรตามแสดงว่า หากใช้ปัจจัยนั้นเพิ่มขึ้นย่อมทำให้ค่าสังเกตที่ได้เพิ่มขึ้นด้วย หากส่งอิทธิพลแบบแปรผกผัน แสดงว่าการใช้ปัจจัยนั้นๆ เพิ่มขึ้นย่อมทำให้ค่าสังเกตที่ได้ลดลง และพิจารณาผลของอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ จากตารางที่ 26 พิจารณา ค่า p-value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.40 (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 60) เพื่อหาอิทธิพลที่น่าสนใจ เหตุผลที่ทำการพิจารณาค่า p-value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.40 เนื่องจากในขั้นตอนนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman ที่มีสเกลในการวางแผนการทดลองที่ค่อนข้างหยาบคือ กำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดเพื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัย อีกทั้งเมื่อพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นสูง จะทำให้ไม่เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรที่ทำการศึกษา ดังนั้นจึงคัดเลือกระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 60 ในการพิจารณาผลของอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ ที่ต้องการศึกษาในขั้นตอนนี้ เมื่อพิจารณาค่า P พบว่าปัจจัยผงฟู, เอสพี และความเร็วในการตีส่วนผสมกับน้ำตาลมีอิทธิพลต่อทุกค่าสังเกตหรือตัวแปรตามมากที่สุด ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสมกับน้ำตาลมีอิทธิพลรองลงมา ส่วนปัจจัยเวลาที่ใช้ในการนึ่งขนมสาลี่อิทธิพลน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาเครื่องหมายของค่า T-test (ค่าสัมประสิทธิ์) พบว่าปัจจัยผงฟูส่งอิทธิพลแบบแปรตามกับค่าปริมาตรจำเพาะ, Degree of Elasticity และ Cohesiveness และส่งอิทธิพลแบบแปรผกผันกับค่า Hardness, Springiness Index, Chewiness และ Stiffness ตรงข้ามกับปัจจัยเอสพีซึ่งส่งอิทธิพลแบบแปรตามกับค่า Hardness, Springiness Index, Chewiness และ Stiffness และส่งอิทธิพลแบบผกผันกับค่าปริมาตรจำเพาะ, Degree of Elasticity และ Cohesiveness ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนต่อไปควรใช้วัตถุดิบทั้งสองในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ได้คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสทุกด้านให้เป็นไปอย่างสมดุล

ส่วนขั้นตอนในการผลิต หากใช้ความเร็วสูงในการตีส่วนผสมกับน้ำตาล จะทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะและ Cohesiveness เพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ค่า Degree of Elasticity, Hardness, Springiness Index, Chewiness และ Stiffness ลดลง ถ้าใช้เวลาในการตีส่วนผสมกับน้ำตาลยิ่งนานมากขึ้นจะทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะลดลง แต่ค่าลักษณะด้านเนื้อสัมผัสอื่นๆ เพิ่มขึ้น ส่วนเวลาในการนึ่งขนมสาลี่ ถ้ายิ่งนานจะทำให้ขนมมีคุณลักษณะทางด้าน Degree of Elasticity,

Hardness, Cohesiveness และ Chewiness เพิ่มขึ้น แต่ค่าปริมาตรจำเพาะ, Springiness Index และ Stiffness ลดลง

ดังนั้นเมื่อพิจารณาขั้นตอนการผลิตทั้งสามขั้นตอน ควรใช้ความเร็วสูงในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลเพื่อให้ได้ปริมาตรจำเพาะที่มากขึ้น ส่วนเวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลนั้นควรใช้ให้เหมาะสมเนื่องจากหากมีการใส่เอสพีจะสามารถลดเวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลลงได้ อีกทั้งในเรื่องข้อจำกัดของเครื่องตีผสม เนื่องจากในการทดลองใช้เครื่องตีผสมขนาดเล็ก ข้อจำกัดของเครื่องคือไม่ควรตีเป็นเวลานานๆเกิน 10 นาที จึงควรทำการศึกษาเพื่อลดเวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลลง สำหรับเวลาในการนึ่งขนมสาหร่ายนั้นส่งอิทธิพลต่อปัจจัยด้านต่างๆน้อยที่สุด ในการทดลองสามารถลดเวลาในการนึ่งขนมสาหร่ายเพื่อประหยัดเวลาและต้นทุนในการผลิต ดังนั้นควรทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลและเวลาที่ใช้ในการนึ่งขนมสาหร่ายในขั้นตอนต่อไปด้วย

2.3.2 การพัฒนาสูตรขนมสาหร่ายจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากข้อที่ 2.3.1 ได้ทราบถึงอิทธิพลของวัตถุดิบเสริมอื่นๆและกรรมวิธีในการผลิตที่ส่งผลต่อตัวผลิตภัณฑ์แล้ว ในข้อนี้จะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้ผงฟูและเอสพีที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี PCA จากนั้นทำการพัฒนาสูตรโดยเริ่มจากการหาจุดที่เหมาะสมในการใช้ผงฟูและ เอสพี ถึงแม้จะทราบว่าควรใช้ผงฟูและเอสพีปริมาณมากจะช่วยด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ แต่หากใช้ผงฟูมากเกินไปจะทำให้ขนมมีรสเฝื่อน และหากใส่เอสพีซึ่งมีส่วนผสมของไขมันลงไปมากๆ ขนมจะแฉะและหนักได้ จึงต้องทำการหาจุดที่เหมาะสมในการใช้วัตถุดิบเสริมทั้งสอง โดยใช้วิธี RSM (Response Surface Method) หาจุดที่เหมาะสมที่สุด

ทำการวัดค่าคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลอง ที่ได้จากการวางแผนแบบ Central Composite Design (CCD) ชนิด Octagon วัดกึ่งกลาง 4 จุด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าคุณลักษณะด้านกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมสาลี่ที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ RSM ทั้ง 9 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง ที่	ปริมาณ ผงฟู:เอสพี (ร้อยละของ น้ำหนักแป้ง)	ค่าคุณลักษณะ		เค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ²					
		ทางประสาท สัมผัสด้าน ความชอบรวม	ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)	Degree of Elasticity ¹	Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness Index	Chewiness (Nmm)	Stiffness (N/mm)
1	2:1	5.8 ^{ab} ± 1.5	3.09 ^{bcd} ± 0.15	34.43 ^f ± 0.73	5.54 ^{bc} ± 0.32	0.60 ^b ± 0.01	0.81 ^b ± 0.01	25.58 ^b ± 1.97	1.54 ^c ± 0.11
2	4:1	5.5 ^{ab} ± 1.4	3.04 ^{cd} ± 0.09	33.85 ^g ± 0.73	5.88 ^b ± 0.32	0.60 ^{ab} ± 0.01	0.80 ^c ± 0.02	24.06 ^{bc} ± 1.42	1.31 ^d ± 0.09
3	2:3	6.1 ^a ± 1.2	3.58 ^a ± 0.20	36.33 ^c ± 0.37	5.99 ^b ± 0.27	0.57 ^e ± 0.01	0.82 ^{ab} ± 0.05	16.66 ^h ± 2.35	1.08 ^{ef} ± 0.05
4	4:3	5.7 ^{ab} ± 1.2	3.24 ^{bcd} ± 0.08	34.97 ^e ± 0.22	5.87 ^b ± 0.20	0.58 ^d ± 0.01	0.80 ^{cd} ± 0.02	22.91 ^{cd} ± 0.59	1.75 ^b ± 0.06
5	4.4:2	5.2 ^b ± 1.5	3.22 ^{bcd} ± 0.19	35.98 ^{cd} ± 0.29	4.96 ^{cd} ± 0.22	0.60 ^{bc} ± 0.01	0.79 ^{cd} ± 0.01	18.20 ^{gh} ± 0.99	1.02 ^f ± 0.17
6	1.6:2	6.2 ^a ± 1.2	2.49 ^e ± 0.15	37.82 ^a ± 0.10	16.55 ^a ± 1.33	0.57 ^e ± 0.01	0.84 ^a ± 0.03	38.26 ^a ± 1.24	2.42 ^a ± 0.06
7	3:3.4	6.1 ^a ± 1.5	3.27 ^{bc} ± 0.14	37.60 ^{ab} ± 0.60	5.20 ^{cd} ± 0.15	0.60 ^b ± 0.01	0.83 ^a ± 0.06	16.98 ^h ± 0.85	1.01 ^f ± 0.17
8	3:0.6	5.9 ^{ab} ± 1.2	3.14 ^{bcd} ± 0.08	37.22 ^b ± 0.36	4.16 ^e ± 0.07	0.61 ^a ± 0.01	0.81 ^{bc} ± 0.08	16.51 ^h ± 0.56	0.96 ^f ± 0.03
9	3:2	5.8 ^{ab} ± 1.3	3.21 ^{bcd} ± 0.22	35.70 ^d ± 0.24	4.97 ^{cd} ± 0.29	0.60 ^{ab} ± 0.01	0.81 ^{bc} ± 0.01	20.02 ^{ef} ± 0.89	1.23 ^e ± 0.16

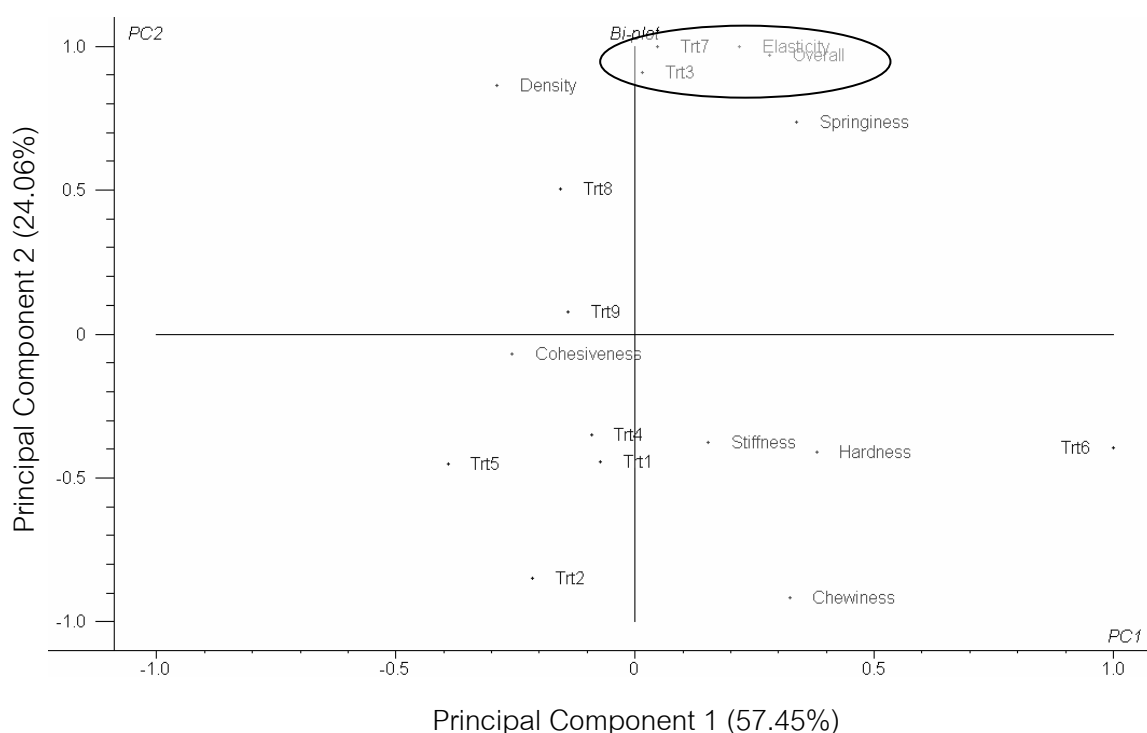
หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ¹ค่า Degree of Elasticity ใช้สูตรการคำนวณของ Kaletunc *et al.* (1991)

- ²การวัดค่าด้วยวิธี Single Hardness และ Texture Profile Analysis (TPA) ดัดแปลงวิธีของ Barrett *et al.* (2000)

จากนั้นนำค่าคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 27 มาทำการหาความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะต่างๆ ด้วยวิธี PCA ได้ภาพกราฟ Biplot แสดงการจัดกลุ่มของค่าคุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของขนมสาลี่ที่ได้จากการทดลองแบบ RSM ทั้ง 9 สิ่งทดลอง (นำค่าเฉลี่ยของจุดกึ่งกลางทั้งสี่จุดมาคิดเป็นจุดเดียวเป็นสิ่งทดลองที่ 9) ดังแสดงในภาพที่ 32

จากกราฟ Biplot จะทำการพิจารณาว่าคุณลักษณะใดที่มีผลต่อค่าความชอบรวม พบว่าค่าความชอบรวมและค่า Degree of elasticity มีความสัมพันธ์กับแกน PC 2 อธิบายได้ว่าค่า Degree of elasticity มีผลต่อค่าความชอบรวม เมื่อพิจารณาสิ่งทดลองที่มีผลต่อความชอบรวม พบว่าสิ่งทดลองที่ 3 และ 7 มีผลต่อค่าความชอบรวมมากที่สุด จึงทำการจัดรวมกลุ่มของค่าความชอบรวมกับสิ่งทดลอง 3 และ 7 (สิ่งทดลองที่ 3 มีการใช้ผงฟูร้อยละ 2 และเอสพีร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้ง, สิ่งทดลองที่ 7 มีการใช้ผงฟูร้อยละ 3 และเอสพีร้อยละ 3.4 ของน้ำหนักแป้ง) ดังแสดงในภาพที่ 32 จะเห็นลักษณะความสัมพันธ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



ภาพที่ 32 Biplot แสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการทดลองแบบ RSM ทั้ง 9 สิ่งทดลอง

ดังนั้นหากต้องการให้ขนมสาลี่ได้รับค่าคะแนนความชอบรวมสูงควรมีการใช้ผงฟูอยู่ในระดับร้อยละ 2 - 3 และเอสฟี่อยู่ในระดับ 3 – 3.4 ของน้ำหนักแป้ง

จากนั้นนำค่าคุณลักษณะต่างๆในตารางที่ 27 มาทำการหาจุดที่เหมาะสมในการใช้ปริมาณผงฟูและเอสฟี่ โดยใช้วิธี Response Surface Method (RSM) ได้ค่าสมการถดถอยดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 สมการถดถอยและสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพและทางประสาทสัมผัสของขนมสาลี่ผสมแป้งปลายข้าวหอมมะลิจากการพัฒนาสูตร ศึกษาปริมาณการใช้ผงฟูและเอสฟี่

คุณภาพ (y_i)	สมการทำนาย	R^2
- คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส		
1) ปริมาตรจำเพาะ	$= 3.205 + 0.080x_1 + 0.109x_2 - 0.123 x_1^2 - 0.072 x_1x_2 + 0.052 x_2^2$	0.415
2) Degree of Elasticity	$= 35.195 - 0.566x_1 + 0.446x_2 + 0.288 x_1^2 - 0.194 x_1x_2 - 0.543 x_2^2$	0.322
3) Hardness	$= 4.974 - 2.021x_1 + 0.238x_2 + 2.416 x_1^2 - 0.115 x_1x_2 - 0.621 x_2^2$	<u>0.650</u>
4) Cohesiveness	$= 0.596 + 0.007x_1 - 0.008x_2 - 0.008 x_1^2 + 0.003 x_1x_2 + 0.004 x_2^2$	<u>0.763</u>
5) Springiness Index	$= 0.810 - 0.012x_1 + 0.004x_2 - 0.0004x_1^2 - 0.002 x_1x_2 + 0.002 x_2^2$	<u>0.736</u>
6) Chewiness	$= 20.020 - 2.955x_1 - 1.176x_2 + 4.060 x_1^2 + 1.941 x_1x_2 - 1.686 x_2^2$	0.597
7) Stiffness	$= 1.229 - 0.193x_1 + 0.008x_2 + 0.262 x_1^2 + 0.224 x_1x_2 - 0.107 x_2^2$	0.589
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
1) ความชอบรวม	$= 5.800 - 0.264x_1 + 0.098x_2 - 0.069 x_1^2 - 0.025 x_1x_2 + 0.081 x_2^2$	<u>0.722</u>

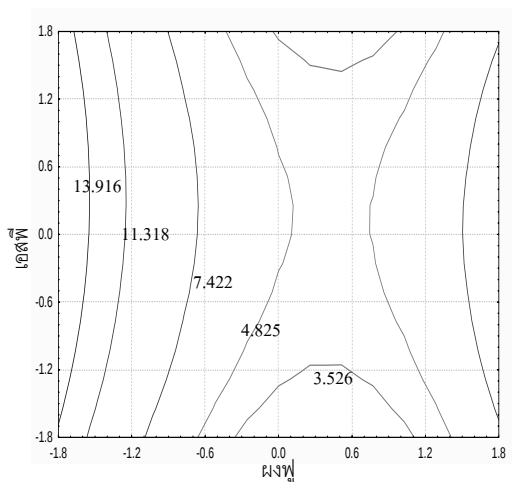
หมายเหตุ y_i คือ คุณภาพของขนมสาลี่ผสมแป้งปลายข้าวหอมมะลิ

x_1 คือ ปริมาณผงฟู (ร้อยละ)

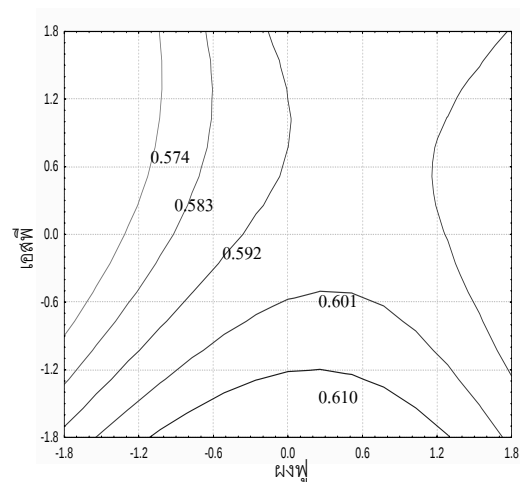
x_2 คือ ปริมาณเอสฟี่ (ร้อยละ)

จะทำการพิจารณาค่าคุณลักษณะที่มีค่า $R^2 \geq 0.65$ ซึ่งประกอบไปด้วยค่า Hardness, Cohesiveness, Springiness Index และค่าความชอบรวม โดยนำรูปกราฟ

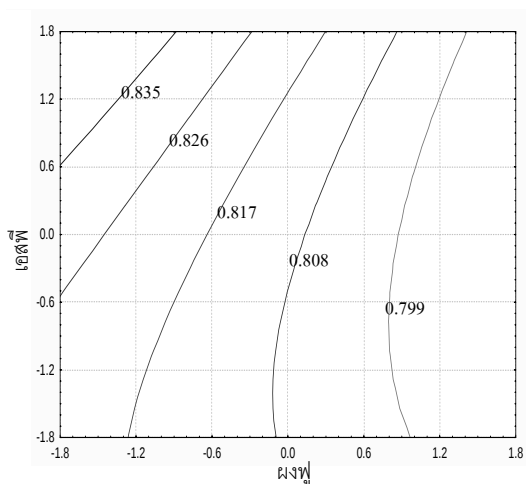
Contour Plot (ภาพที่33) ของค่าคุณลักษณะทั้ง 4 มาทำการซ้อนทับเพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการใช้ผงฟูและเอสพี ได้ผลของการซ้อนทับดังภาพที่ 34



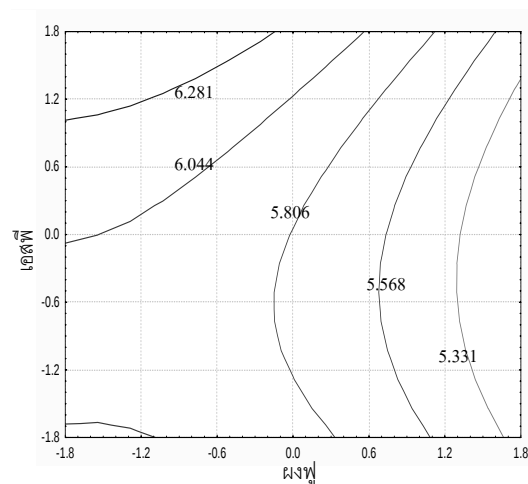
(ก) Hardness



(ข) Cohesiveness

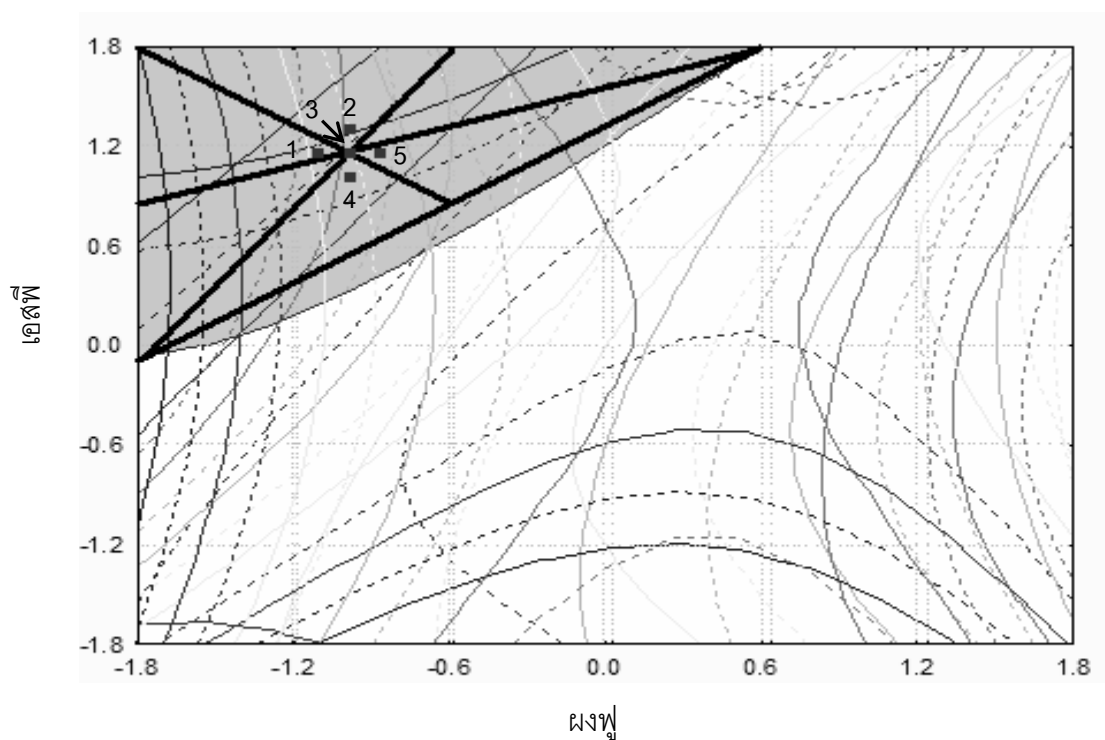


(ค) Springiness Index



(ง) ความชอบรวม

ภาพที่ 33 Contour plot ของคุณลักษณะด้านต่างๆของขนมสาลี่ที่จะนำมาซ้อนทับกันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการใช้ผงฟูและเอสพี



ภาพที่ 34 ภาพกราฟที่ซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ผงฟูและเอสพี

จากภาพที่ 34 จะได้พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ผงฟูและเอสพี เลือกมา 5 จุด ทำการคัดเลือกให้เหลือเพียงจุดเดียวที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากต้นทุนในการผลิตที่ใช้ผงฟูและเอสพี ดังแสดงในตารางที่ 26 จะเห็นว่าจุดที่ 4 มีต้นทุนของเอสพีและผงฟูต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม น้อยที่สุดในทั้งหมด 5 จุด อีกทั้งยังมีค่าปริมาณการใช้ผงฟูและเอสพีอยู่ในช่วงที่ควรใช้ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น จึงเลือกจุดนี้เป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ผงฟูและเอสพี โดยที่จุดนี้มีการใช้ผงฟู ร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักแป้ง และใช้เอสพีร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 26 จุดที่เหมาะสมที่สุด 5 จุด ในการใช้ผงฟูและเอสพี จากการทดลองด้วยวิธี RSM

จุดที่	ผงฟู (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	เอสพี (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ต้นทุน (บาท) ต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม
1	1.9	3.2	1.07
2	2.0	3.4	1.14
3	2.0	3.2	1.08
4	2.0	3.0	1.02
5	2.1	3.2	1.09

2.3.3 การพัฒนากรรมวิธีการผลิตขนมสาลี่จากแป้งข้าวหอมมะลิ

ใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลศึกษาเวลาในการตีไข่กับน้ำตาลและการนึ่งควบคู่กันไป โดยในการศึกษาเวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของเครื่องตีผสมต้องใช้เวลาตีผสมทั้งหมดไม่ควรเกิน 10 นาที ดังนั้นทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการตีไข่ที่ 2 ระดับ คือ 5 และ 7 นาที ส่วนเวลาในการนึ่งทำการศึกษาที่ 20, 25 และ 30 นาที เปรียบเทียบกับขนมสาลี่ที่ผ่านกระบวนการผลิตที่ทำการผลิตในขั้นตอนก่อนหน้านี้ คือใช้เวลาในการตีไข่ 10 นาที และนึ่ง 30 นาทีเป็นตัวควบคุม จากตารางที่ 27 พบว่าสูตรที่ใช้เวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาล 7 นาที และใช้เวลาในการนึ่ง 30 นาที มีค่าคุณลักษณะทางกายภาพในด้านต่างๆใกล้เคียงกับตัวควบคุมมากที่สุด

ตารางที่ 27 คุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการศึกษาเวลาในการตีผสมไข่กับน้ำตาลและเวลาในการนึ่ง

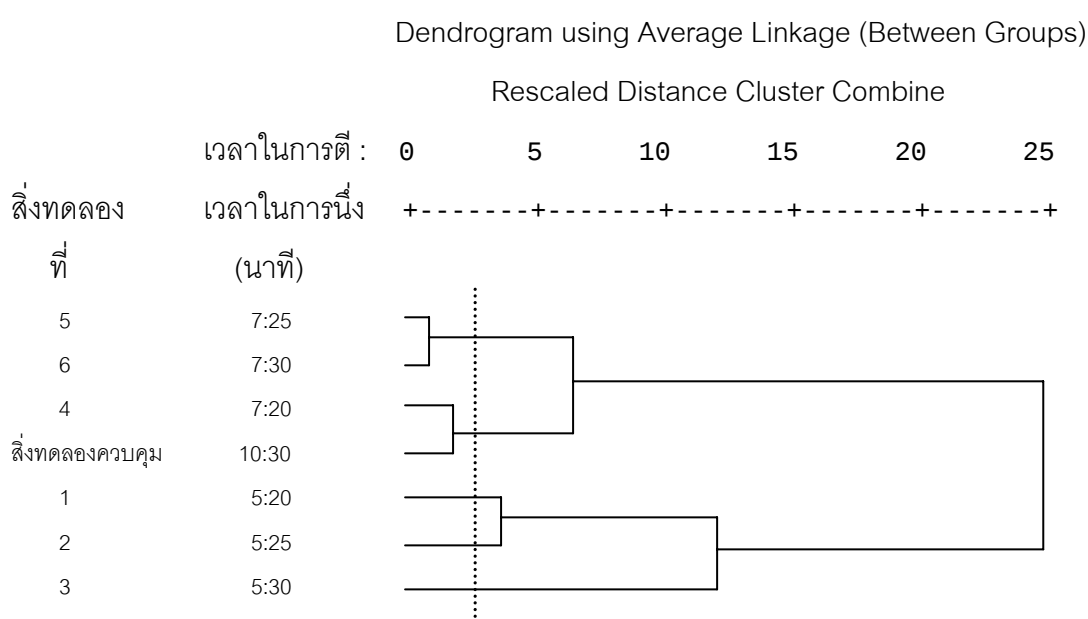
สิ่งทดลอง ที่	เวลาในการตี: เวลาในการนึ่ง		Degree of Elasticity ¹ (ร้อยละ)	ค่าเค้าโครงลักษณะทางเนื้อสัมผัส (TPA) ²				
	(นาที)	ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)		Hardness (N)	Cohesiveness (mm)	Springiness Index	Chewiness (Nmm)	Stiffness (N/mm)
1	5:20	3.23 ^{ab} ± 0.11	34.89 ^c ± 0.88	7.74 ^a ± 0.15	0.56 ^b ± 0.03	0.80 ^b ± 0.06	34.14 ^c ± 4.13	2.32 ^b ± 0.33
2	5:25	3.07 ^b ± 0.16	35.75 ^b ± 0.94	7.86 ^a ± 0.20	0.57 ^{ab} ± 0.03	0.82 ^{ab} ± 0.02	38.71 ^b ± 1.14	2.27 ^b ± 0.23
3	5:30	3.02 ^b ± 0.21	36.37 ^b ± 0.75	7.99 ^a ± 0.19	0.58 ^{ab} ± 0.02	0.84 ^a ± 0.01	45.54 ^a ± 2.93	3.21 ^a ± 0.51
4	7:20	3.43 ^a ± 0.18	37.29 ^a ± 0.17	4.94 ^d ± 0.32	0.60 ^a ± 0.02	0.82 ^{ab} ± 0.02	24.70 ^e ± 1.10	1.31 ^d ± 0.06
5	7:25	3.14 ^b ± 0.11	37.58 ^a ± 0.60	5.49 ^c ± 0.30	0.60 ^a ± 0.02	0.81 ^{ab} ± 0.02	26.75 ^e ± 0.75	1.63 ^{cd} ± 0.15
6	7:30	3.12 ^b ± 0.14	38.01 ^a ± 0.16	6.12 ^b ± 0.24	0.59 ^{ab} ± 0.03	0.82 ^{ab} ± 0.02	30.85 ^d ± 2.16	1.80 ^c ± 0.15
สิ่งทดลองควบคุม	10:30	3.35 ^a ± 0.12	38.05 ^a ± 0.20	4.97 ^d ± 0.16	0.60 ^a ± 0.02	0.84 ^a ± 0.02	25.29 ^e ± 1.32	1.60 ^{cd} ± 0.28

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวดิ่งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ¹ค่า Degree of Elasticity ใช้สูตรการคำนวณของ Kaletunc *et al.* (1991)

- ²การวัดค่าด้วยวิธี Single Hardness และ Texture Profile Analysis (TPA) ดัดแปลงวิธีของ Barrett *et al.* (2000)

จากนั้นนำคุณลักษณะทางกายภาพที่วัดค่าได้จากตารางที่ 31 มาทำการจัดกลุ่มด้วยวิธี Cluster Analysis ได้ภาพเดนโดแกรม แสดงการจัดกลุ่มของคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการศึกษาเวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลและเวลาในการนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 35 โดยขนมสาลี่ที่ใช้เวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลเป็นเวลา 7 นาที และใช้เวลาในการนึ่งขนมสาลี่ 20 นาที จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับขนมสาลี่ตัวควบคุมที่ใช้เวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาล 10 นาที และใช้เวลาในการนึ่งขนมสาลี่ 30 นาที



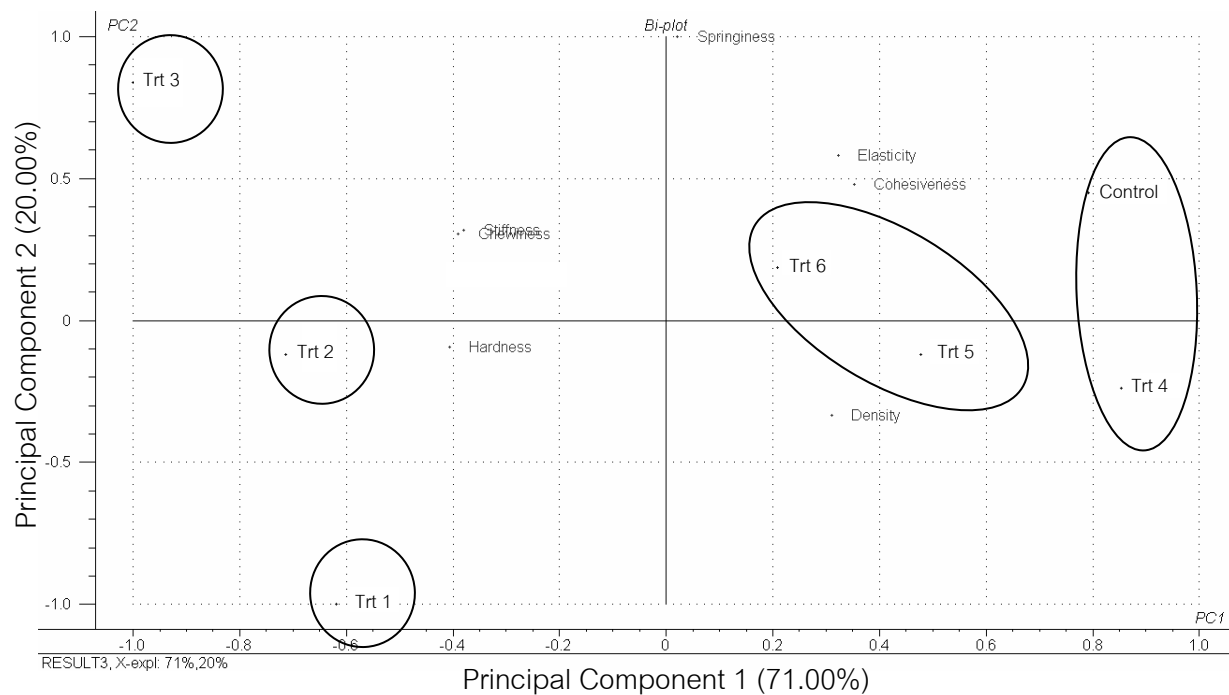
ภาพที่ 35 เดนโดแกรมแสดงการจัดกลุ่มของคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการศึกษาเวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลและเวลาในการนึ่ง

นำค่าคุณลักษณะที่วัดได้จากตารางที่ 31 มาทำการหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี PCA ได้กราฟ Biplot ดังแสดงในภาพที่

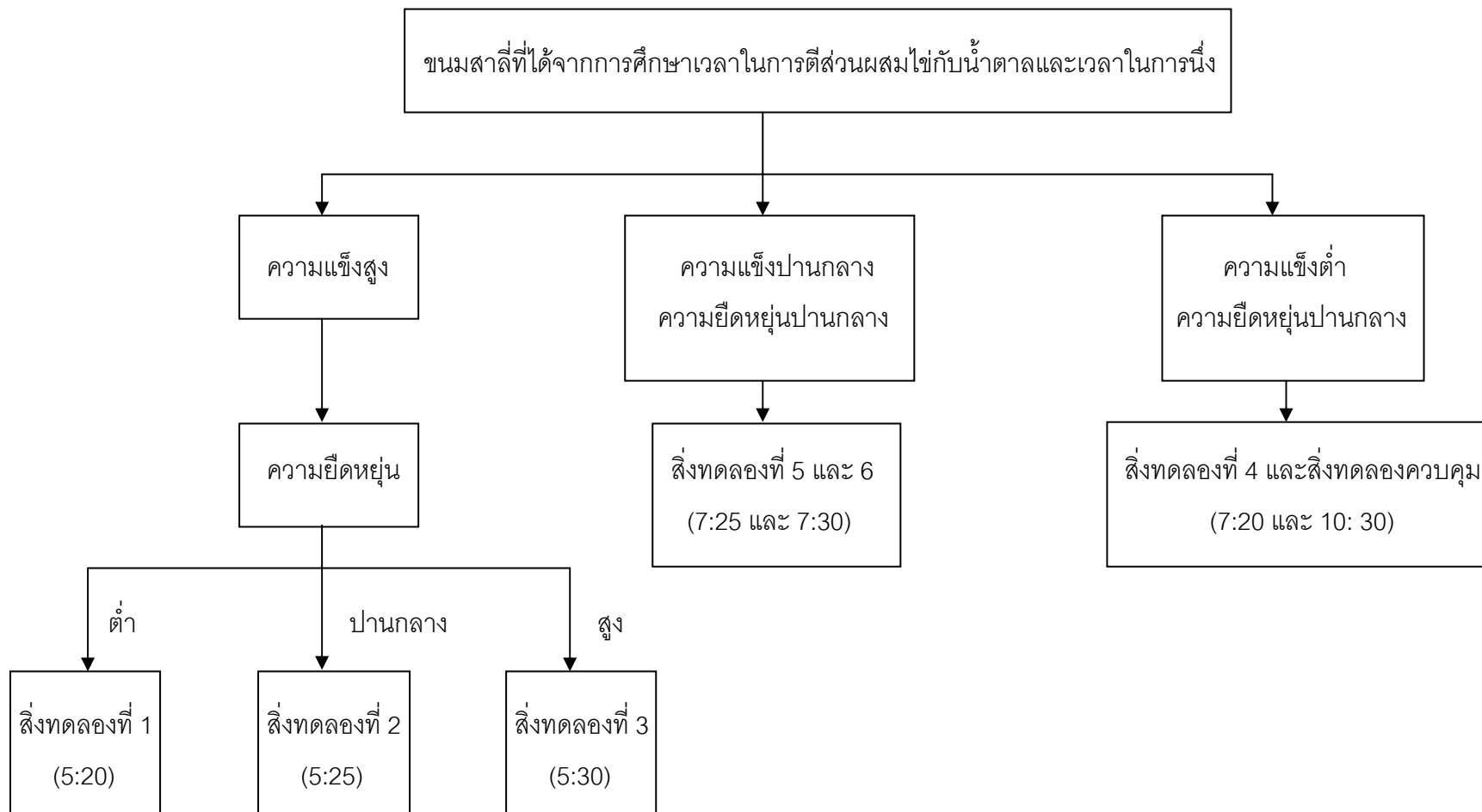
องค์ประกอบที่ 1 (แกน PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 71 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับค่า Hardness, Chewiness และ Stiffness โดยองค์ประกอบที่ 1 สามารถแยกความแตกต่างของสิ่งทดลองได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มความแข็งสูง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 2) กลุ่มที่มีความแข็งปานกลาง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 5 และ 6 3) กลุ่มที่มีความต่ำประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 4 และ สิ่งทดลองควบคุม

องค์ประกอบที่ 2 (แกน PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 20 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาตรจำเพาะ (Bulk density), Degree of elasticity, Springiness index และ Cohesiveness โดยองค์ประกอบที่ 2 สามารถแยกความแตกต่างของสิ่งทดลองออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 1 2) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นปานกลาง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 2, 4, 5, 6 และ สิ่งทดลองควบคุม 3) กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นสูง ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 3

ดังนั้นจะสามารถแบ่งสิ่งทดลองทั้งหมดออกเป็น 5 กลุ่ม อธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้นได้ด้วย Biplot และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ได้จากการศึกษาเวลาในการตีส่วนผสมกับน้ำตาลและเวลาในการนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 36 และ 37 ตามลำดับ



ภาพที่ 36 Biplot แสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลีที่ได้จากการศึกษาเวลาในการตีผสมไข่กับน้ำตาลและเวลาในการนึ่ง



ภาพที่ 37 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะทางกายภาพของขนมสาลีที่ได้จากการศึกษาเวลาในการตีผสมไข่กับน้ำตาลและเวลาในการนึ่ง

ดังนั้นสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งใช้เวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลเป็นเวลา 7 นาที และหนึ่งเป็นเวลา 20 นาทีจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับสิ่งทดลองควบคุม (ตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลเป็นเวลา 10 นาที และหนึ่งเป็นเวลา 30 นาที) ทั้งสองสิ่งทดลองจัดเป็นกลุ่มที่มีค่าความแข็งต่ำและความยืดหยุ่นปานกลาง ผลการจัดกลุ่มตรงกันกับการจัดกลุ่มด้วยวิธี Cluster Analysis ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาในการตีส่วนผสมไข่กับน้ำตาลเป็นเวลา 7 นาที และใช้เวลาในการนึ่งขนมสาเล่เป็นเวลา 20 นาที เป็นเวลาที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิตขนมสาเล่

จากการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตทั้งหมด พบว่าจุดที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ผงฟูคือที่ร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักแป้ง เอสพีที่ร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง ควรใช้เวลาในการตีไข่, น้ำตาลและเอสพี ด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 7 นาที จากนั้นลดความเร็วใช้ความเร็วต่ำสุดหรือคนด้วยมือใช้เวลาในการตีแป้งต่ออีกประมาณ 3 นาที (ให้แป้งละลายหมด) โดยใช้ความเร็วสูงในการตีตลอดการผลิต และนำไปนึ่งใช้เวลาในการนึ่ง 20 นาที

2.3.4 การพัฒนาด้านกลิ่นรสของขนมสาเล่ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ทำการพัฒนาสีและกลิ่นรสของขนมสาเล่ ศึกษาปริมาณสีผสมอาหารที่ใช้ 2 ระดับ คือที่ 1.5 และ 3.0 กรัม และศึกษาปริมาณของกลิ่นผสมอาหารกลิ่นใบเตยที่ 3 ระดับ คือ 3.0, 4.5 และ 6.0 กรัม ทำการทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

ตารางที่ 28 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมสาลี่จากการพัฒนาด้านกลิ่นรส จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

ปริมาณส่วนผสมอาหาร(กรัม): ปริมาณกลิ่น (กรัม)	สีเขียว	กลิ่นใบเตย	ความชอบรวม
1.5 : 3.0	6.7 ^a ± 0.8	6.4 ^b ± 1.0	6.4 ^{cd} ± 0.6
1.5 : 4.5	7.0 ^a ± 0.8	6.4 ^b ± 0.7	6.6 ^{bc} ± 0.8
1.5 : 6.0	7.0 ^a ± 0.7	7.1 ^a ± 0.8	7.5 ^a ± 0.9
3.0 : 3.0	6.3 ^b ± 0.8	6.5 ^b ± 0.8	6.3 ^{cd} ± 0.7
3.0 : 4.5	6.2 ^b ± 0.9	6.7 ^b ± 1.0	6.2 ^d ± 0.5
3.0 : 6.0	6.4 ^b ± 0.7	7.1 ^a ± 0.8	6.8 ^b ± 0.8

หมายเหตุ - ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

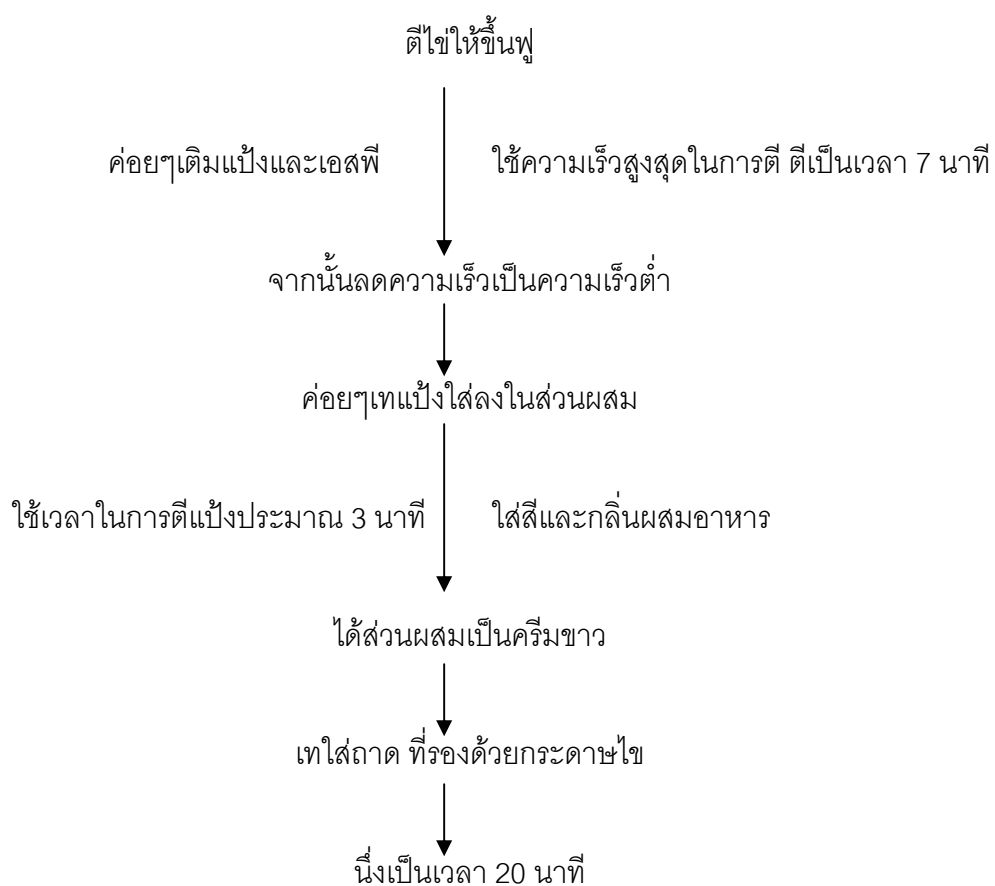
จากตารางที่ 28 พบว่าสูตรที่ใช้ปริมาณการใช้ส่วนผสมอาหารที่ 1.5 กรัม และปริมาณกลิ่นรสใบเตยที่ 6.0 กรัมมีคะแนนในทุกด้านสูงที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรนี้ใช้ในการผลิตขนมสาลี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

3. การตรวจสอบคุณภาพของขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตทั้งหมดจะได้สูตรของขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 29 และมีกรรมวิธีการผลิตที่ผ่านการพัฒนาแล้วดังแสดงในภาพที่ 38

ตารางที่ 29 สูตรของขนมสาเล่ผสมแป้งข้าวหอมมะลิที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งข้าวหอมมะลิ	6.34
แป้งสาลี	25.37
ไข่ไก่	28.17
น้ำตาล	31.70
เอสพี	0.82
ผงฟู	0.73
กลิ่นผสมอาหารกลิ่นใบเตย	5.50
สีผสมอาหารสีเขียว	1.37



ภาพที่ 38 กรรมวิธีในการผลิตขนมสาเล่ผสมแป้งข้าวหอมมะลิที่ผ่านการพัฒนาแล้ว



ภาพที่ 39 ขนมสาลี่ผสมแป้งข้าวหอมมะลิที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ผลิตภัณฑ์ขนมสาลี่ผสมแป้งข้าวหอมมะลิที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 39 มีสีเขียวอ่อนๆ กลิ่นรสไบเตย ลักษณะเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพดังแสดงในตารางที่ 30 พบว่าขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้วมีค่า a_w เท่ากับ 0.86 ค่าสี $L^* a^* b^* h^*$ เท่ากับ 76.87, -5.44, 34.41 และ 99.01° ตามลำดับ มีค่าปริมาตรจำเพาะ 3.81 ซม.³/กรัม ค่า Degree of elasticity เท่ากับ 37.35 ค่า Hardness เท่ากับ 4.60 N ค่า Cohesiveness เท่ากับ 0.61 ค่า Springiness Index เท่ากับ 0.83 ค่า Chewiness เท่ากับ 25.09 Nmm และค่า Stiffness เท่ากับ 1.44 N/mm โดยค่าทางกายภาพทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเมื่อเทียบกับช่วงของค่าคุณภาพของคุณลักษณะต่างๆที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างขนมสาลี่ในท้องตลาด (ตารางที่ 17) พบว่าค่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่กำหนด โดยมีค่า Degree of elasticity และ Cohesiveness สูงกว่าช่วงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 30 คุณภาพทางกายภาพของขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เอกชัย)

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย	ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เอกชัย)	ช่วงของ ค่าคุณภาพ
คุณภาพทางกายภาพ			
ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)	3.81 ± 0.04	3.09 ± 0.17	2.44 – 4.86
Water activity (a_w)	0.86 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.87 – 0.95
สี L*	76.87 ± 1.34	77.12 ± 0.74	69.80 – 80.95
a*	$(-5.44) \pm 0.12$	-5.38 ± 1.40	$(-11.41) - (-1.64)$
b*	34.41 ± 0.96	33.36 ± 0.45	29.77 – 40.58
h* (°)	99.01 ± 0.11	98.17 ± 2.39	92.74 – 106.94
Degree of elasticity (%)	37.23 ± 0.37	35.24 ± 2.15	26.46 – 35.34
Hardness (N)	4.60 ± 0.29	3.72 ± 0.86	3.32 – 12.95
Cohesiveness	0.61 ± 0.01	0.56 ± 0.02	0.46 – 0.56
Springiness Index	0.83 ± 0.01	0.84 ± 0.02	0.83 – 0.84
Chewiness (Nmm)	25.09 ± 3.38	20.18 ± 4.44	14.39 – 51.78
Stiffness(N/mm)	1.44 ± 0.26	1.28 ± 0.76	0.96 – 4.03

องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 31 จากการหาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณพบว่ามีความชื้นร้อยละ 28.29 โปรตีนร้อยละ 12.38 ไขมันร้อยละ 1.92 เถ้าร้อยละ 1.00 เยื่อใย 0.58 และคาร์โบไฮเดรต 55.83 ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 31 องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย
องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	
ความชื้น	28.29
โปรตีน	12.38
ไขมัน	1.92
เถ้า	1.00
เยื่อใย	0.58
คาร์โบไฮเดรต	55.83
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	< 100
ปริมาณยีสต์,รา (โคโลนีต่อกรัม)	< 100

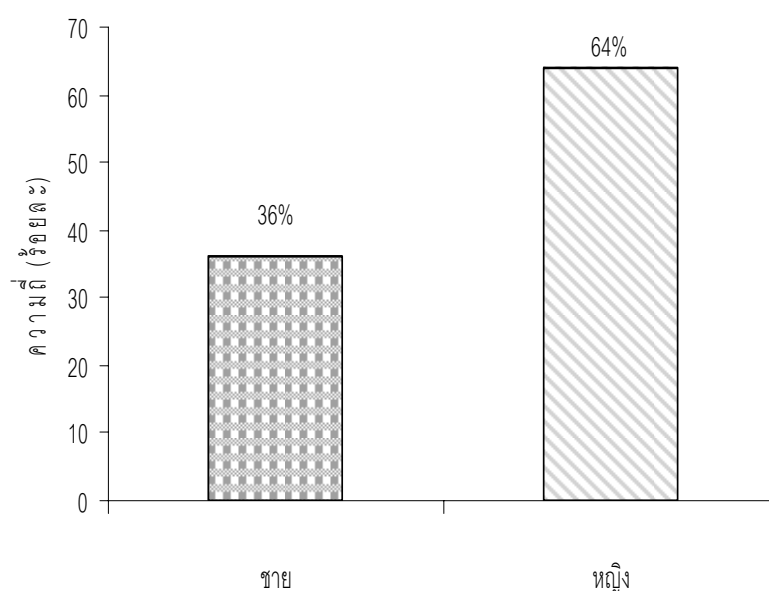
จากตารางที่ 32 เป็นการทดสอบค่าคะแนนความชอบของขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว โดยทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่า ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบต่อค่าสี 6.7 กลิ่นใบเตยมีค่า 6.9 กลิ่นรสใบเตยมีค่า 6.9 ความหวานมีค่า 7.1 ความนุ่มมีค่า 7.0 เนื้อสัมผัสมีค่า 7.0 ความชอบรวมมีค่า 7.1 คะแนนอยู่ในช่วง 7 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง

ตารางที่ 32 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมสาลี่ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว จากผู้บริโภคจำนวน 30 คน

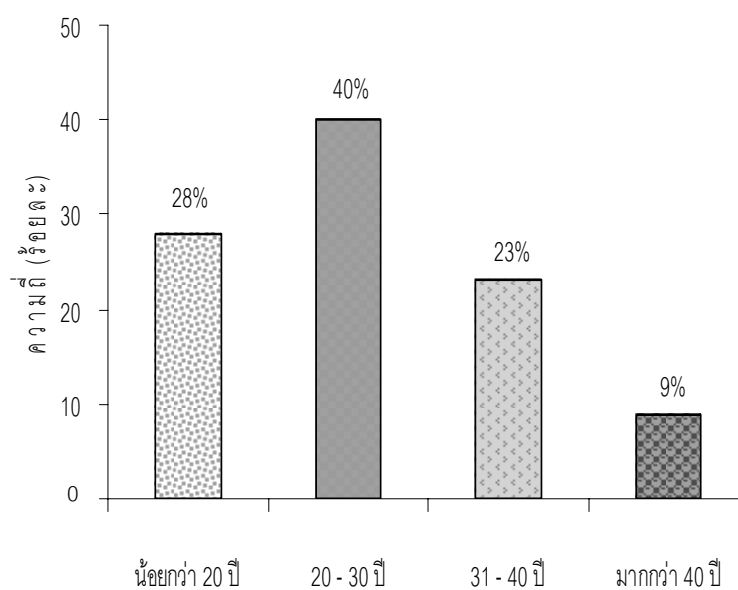
ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย
สี	6.7 ± 1.0
กลิ่นใบเตย	6.9 ± 1.0
กลิ่นรสใบเตย	6.9 ± 1.0
ความหวาน	7.1 ± 0.9
ความนุ่ม	7.0 ± 1.2
เนื้อสัมผัส	7.0 ± 1.2
ความชอบรวม	7.1 ± 1.2

4. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

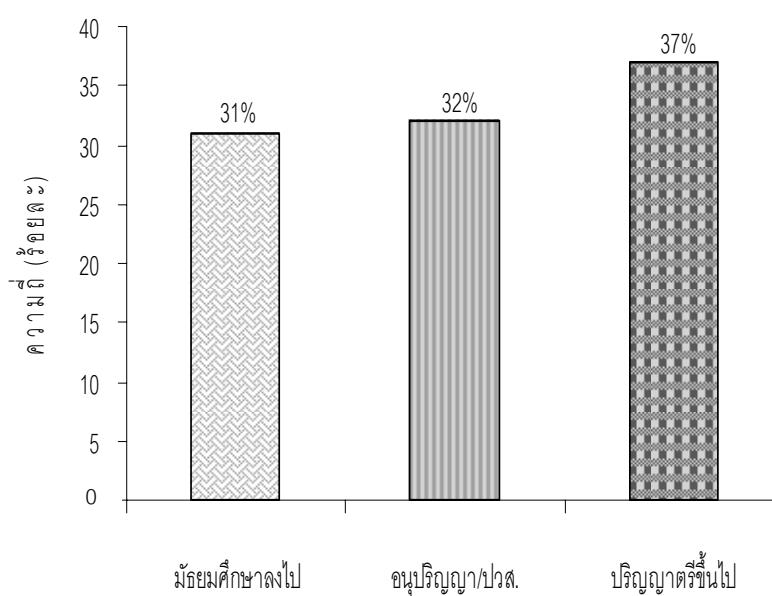
จากการทำแบบสอบถามจำนวน 100 ชุด พร้อมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างบรรจุกล่องพลาสติกอย่างดี ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไป ผู้ตอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ในช่วง 20 – 30 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 40 การศึกษาระดับปริญญาเป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 37 อาชีพพนักงานมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 52 โดยมีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 36 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังภาพที่ 40 - 44



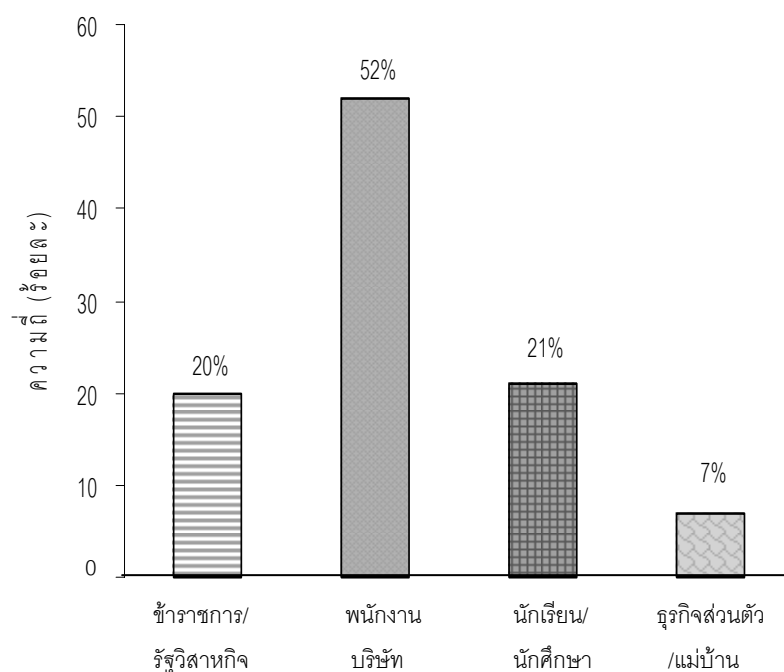
ภาพที่ 40 ร้อยละความถี่ของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ด้านเพศ จากผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน



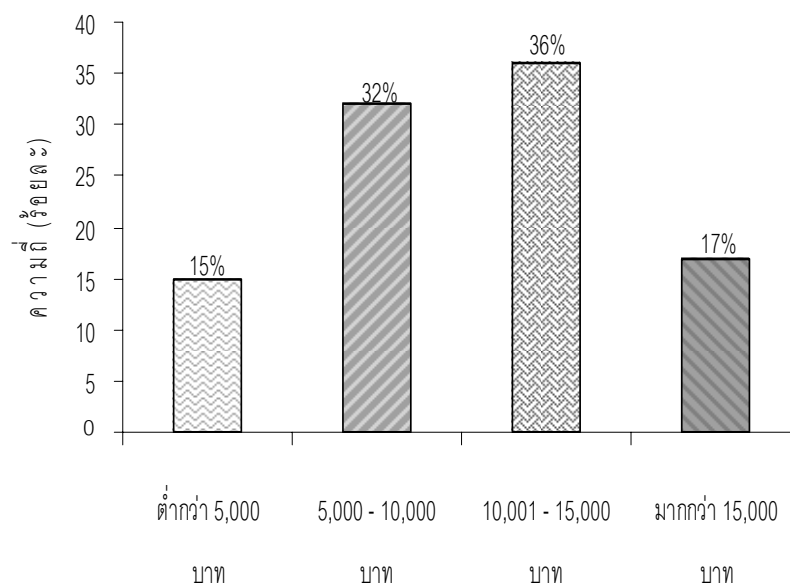
ภาพที่ 41 ร้อยละความพึงพอใจของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ด้านอายุ จากผู้บริโภครายหนึ่งที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน



ภาพที่ 42 ร้อยละความพึงพอใจของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ด้านการศึกษาสูงสุดที่ได้รับ จากผู้บริโภครายหนึ่งที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน

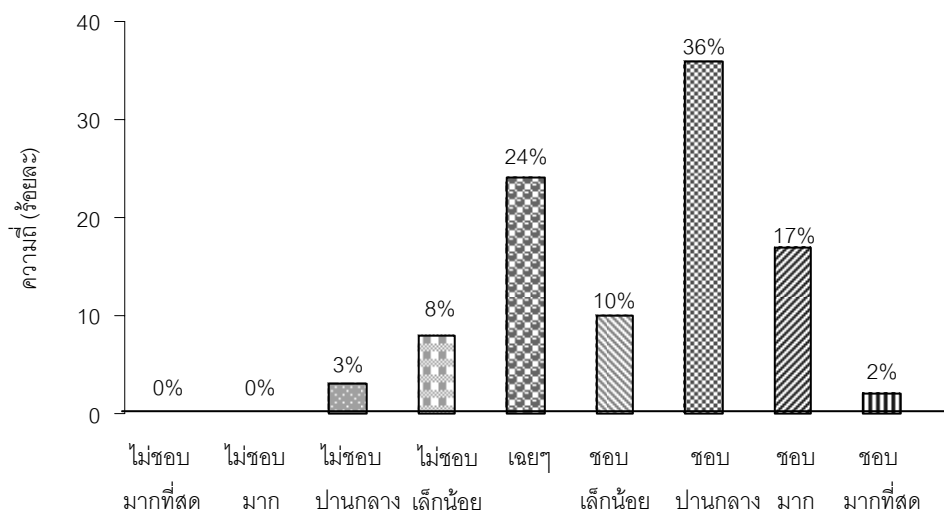


ภาพที่ 43 ร้อยละความถี่ของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ด้านอาชีพ จากผู้บริโภครายหนึ่งที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน

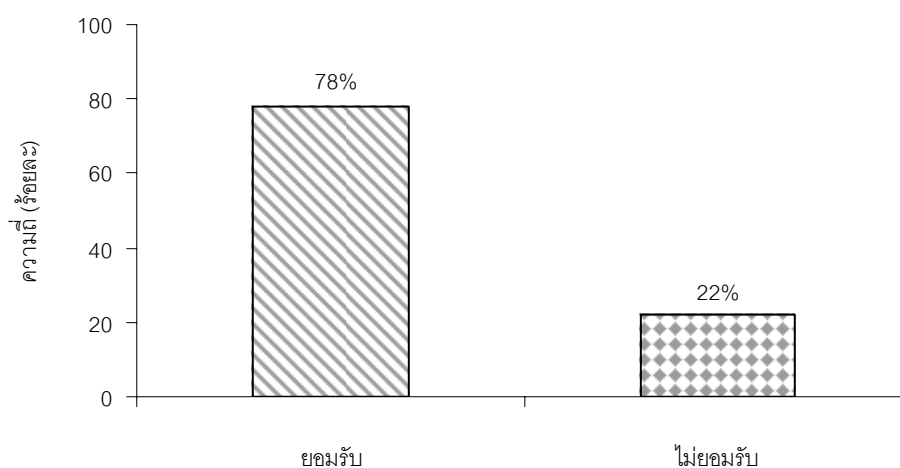


ภาพที่ 44 ร้อยละความถี่ของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ด้านรายได้ต่อเดือน จากผู้บริโภครายหนึ่งที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน

จากภาพที่ 45 - 46 ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมสาเลี่ยมแบ่งปลายข้าวหอมมะลิพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ อยู่ในระดับชอบปานกลาง ร้อยละ 36 เฉยๆ ร้อยละ 24 และชอบมาก ร้อยละ 17 และผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ถึงร้อยละ 78 (ภาพที่ 46)



ภาพที่ 45 ร้อยละความถี่ของข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมสาเลี่ยมแบ่งปลายข้าวหอมมะลิด้านระดับความชอบ จากผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน



ภาพที่ 46 ร้อยละความถี่ของข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมสาเลี่ยมแบ่งปลายข้าวหอมมะลิด้านการยอมรับ จากผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับจำนวน 100 คน