

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตคูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง
Processing of High Protein and Calcium by Shrimp by Product



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรรมสิทธิ์
b11 วนนาก ๑๖

บทความพิเศษ

ปีการศึกษา 2545

ชื่อเรื่อง	การผลิตลูกกุ้งเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง Processing of High Protein and Calcium by Shrimp by Product		
ชื่อ-สกุล	นางสาวปรีศณี ศรีสุข		
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร	ภาควิชา	ครุศาสตร์เกษตร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปนิดา ประวิตรวงศ์		

บทคัดย่อ

ในกระบวนการแปรรูปกุ้งทำให้เกิดเศษเหลือจากกุ้ง เช่น เปลือกกุ้งส่วนหัว เปลือกส่วนลำตัว และหางกุ้ง ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในเปลือกกุ้งกุลาดำ ได้แก่ โปรตีน แคลเซียม และสารประเภทไคติน เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมคุณค่าทางโภชนาการของลูกกุ้ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบขึ้นพอกำ ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ แป้งสาลี ไข่ และเนย จึงได้นำเศษเหลือจากกุ้งกุลาดำนำมาผลิตเปลือกกุ้งผงโดยใช้อุณหภูมิในการอบที่ 60 องศาเซลเซียสใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เปลือกกุ้งจะแห้งกรอบ มีสีเหลืองส้ม นำมาบดให้ละเอียดเป็นผง นำเปลือกกุ้งผงที่ได้ผสมในลูกกุ้งโดยใช้เปลือกกุ้งผงในปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 3, 7, และ 10 น้ำหนักรวมของลูกกุ้ง โดยนำเข้าอบระยะเวลาประมาณ 10-15 นาที ใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสหรือ 350 องศาฟาเรนไฮด์ ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกกุ้งเสริมโปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกุ้งที่ได้ ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน แล้ววิเคราะห์ผลการยอมรับทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแบบ DMRT (duncan's new multiple range test) พบว่าสูตรที่ใช้ปริมาณเศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 0, 3, 7, 10 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมาก คือ สูตรที่ใช้ปริมาณเศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 3 โดยลักษณะที่ปรากฏ ได้มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลอ่อน มีสีเข้มของกุ้งเล็กน้อย มีรสชาติของกุ้ง และลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบร่วนพอกเหมาะสม ดังนั้นการผลิตลูกกุ้งเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง จึงควรใช้ในปริมาณร้อยละ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่อง การผลิตลูกกึ่งเสริม โปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง ได้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุน และคำแนะนำต่าง ๆ จากอาจารย์ปนิดา ประวีตรวงค์ ซึ่งให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ และคุณณรงค์ ตะลัดถิณณ์ ที่กรุณาช่วยจัดหา วัตถุดิบเศษเหลือจากกุ้ง เพื่อใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณท่านอาจารย์ในภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะและให้ความช่วยเหลือ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ในภาควิชาครุศาสตร์ เกษตร อีกทั้งเพื่อน ๆ ทุกคน ที่เสียสละเวลา ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง ขอขอบคุณน้อง ๆ ที่ช่วย ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งเสริม โปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง ซึ่งล้วนแต่เป็นผลให้ เกิดความสมบูรณ์ ของปัญหาพิเศษเล่มนี้

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ซึ่งให้ความสนับสนุนทั้งทางด้าน กำลังใจ และด้านทุนทรัพย์เป็นอย่างดีโดยตลอด รวมทั้งครูอาจารย์ ผู้ประสานวิชา และผู้มีพระคุณ ทุกท่าน

ปรัศนี ศรีสุข
ตุลาคม 2545

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กุ้งแช่เยือกแข็ง เป็นสินค้าส่งออกซึ่งนารายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมากทุกปี การผลิตทำได้หลายแบบ เช่น กุ้งแช่แข็งทั้งตัวเด็ดหัว หรือเด็ดหัวปอกเปลือกและผ่าหลังแล้วจึงแช่เยือกแข็ง (จิตรนา แจ่มเมฆ, 2543 : 288) ในกระบวนการผลิตทำให้เกิดเศษเหลือจากกุ้งจำนวนมาก เช่น ส่วนหัวและเปลือกกุ้ง การแปรรูปกุ้งจะได้ส่วนเนื้อและหางกุ้งคิดเป็นร้อยละ 53 ส่วนเปลือกและหัวคิดเป็นร้อยละ 47 กุ้งสดทั้งตัวเมื่อนำมาเด็ดหัวออกจะได้ผลผลิตของกุ้งมี เนื้อ เปลือก และหางร้อยละ 62 ส่วนหัวร้อยละ 38 สำหรับ กุ้งที่ทำการเด็ดหัวออกแล้วนำมาแกะเปลือกออก จะได้ผลผลิตเป็นกุ้งเนื้อติดหางร้อยละ 85 ส่วนเปลือกร้อยละ 15 กุ้งประกอบด้วย โปรตีนมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนคล้ายคลึงกับหอย และปลาหมึก ในเปลือกกุ้งประกอบด้วยสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสารที่ช่วยให้โครงสร้างของเปลือกกุ้งแข็ง และยังคงประกอบไปด้วยสาร ไคตินส่วนในเปลือกและหัวกุ้งปน นอกจากแคลเซียม และไคติน แล้วยังเป็นแหล่งของโปรตีนที่ดี ส่วนมันกุ้งซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่หัวก็เป็นแหล่งกลีเซอไลด์และฟอสฟอลิปิด (กิตติยา สุวรรณสังข์, 2544 : 19) เปลือกกุ้งส่วนลำตัวมีโปรตีนร้อยละ 29.4 กรัม แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 15.3 กรัม ต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักแห้งที่ได้ผ่านการอบแห้งแล้ว จะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งเป็นแหล่งของโปรตีนและแคลเซียมที่ดี หากมีการนำมาเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแคลเซียม หรือ โรคกระดูกพรุน ได้เป็นส่วนหนึ่ง

ลูกก็เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชิ้นเล็กๆ ที่ประกอบด้วยแป้งสาลี เนย น้ำตาล ไข่ และส่วนผสมอื่นๆ เช่น ผลไม้เชื่อมแห้ง หรือ รัญพีช ทำง่าย รสชาติอร่อย บริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทุกเพศทุกวัย และนิยมมอบให้เป็นของขวัญเพราะเก็บไว้ได้นาน คุณค่าทางโภชนาการของลูกก็จะเป็นพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต และไขมัน โปรตีนจากแป้งสาลีและไข่ หากนำเปลือกกุ้ง ผสมลงไปด้วยก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณ โปรตีน และแคลเซียมในผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ลูกก็ได้จะมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ของกุ้งอีกด้วย งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกก็โดยเสริม โปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตลูกกึ่งเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง
2. ใช้เศษเหลือจากกุ้งเพื่อผลิตเปลือกกุ้งผงผลิตลูกกึ่งเสริมโปรตีนและแคลเซียม
3. เพื่อหาปริมาณของเปลือกกุ้งผงที่เหมาะสมผลิตลูกกึ่งเสริมโปรตีนและแคลเซียม
4. ทดสอบคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ศึกษาการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากกุ้ง
2. เพื่อหาปริมาณของเปลือกกุ้งผงที่เหมาะสมผลิตลูกกึ่งเสริมโปรตีนและแคลเซียม
3. ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้น ในอุตสาหกรรมอาหาร
2. ได้รับประโยชน์ทางการศึกษา
3. เป็นการเพิ่มมูลค่าแก่เศษเหลือจากกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 กุ้ง (shrimp และ prawn)

กุ้ง จัดอยู่ใน Phylum Arthropoda และ Class Crustacea วิธีเรียกแบบอังกฤษ prawn ใช้เรียก กุ้งขนาดใหญ่ซึ่งอาจอยู่ในน้ำจืดหรือน้ำเค็ม shrimp ใช้เรียก กุ้งขนาดเล็กลงมา แต่ในทวีปอเมริกาเหนือเรียกกุ้งทุกชนิดว่า shrimp (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2543 : 291)

กุ้งกุลาดำหรือกุ้งทะเลหรือกุ้งมีลายมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus monodon* และมีชื่อภาษาอังกฤษว่า tiger prawn หรือ jumbo tiger prawn กุ้งชนิดนี้อยู่ในวงศ์ Penaeidae ในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ลำตัวจะเป็นสีม่วงแดง มีแถบสีน้ำตาล หรือดำพาดขวาง ลำตัวเป็นปล้อง ๆ



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งกุลาดำ

2.1.1 ส่วนประกอบทางเคมีของกุ้ง

กุ้ง (shrimp และ prawn) มีความชื้น ร้อยละ 67.5-84.8 โปรตีนร้อยละ 8.9-23.2 ไขมัน ร้อยละ 0.1-3.2 เถ้า ร้อยละ 1.3-6.8 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 2.2 ของส่วนที่กินได้ และมีพลังงาน 69-99 กิโลแคลอรี แคลเซียม 124-160 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 218-260 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ของส่วนที่กินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของกุ้ง

กุ้ง ประกอบด้วยโปรตีน มีองค์ประกอบของกรดอะมิโน คล้ายคลึงกับในหอย และปลาหมึกในเปลือกกุ้งประกอบด้วยสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารที่ช่วยให้โครงสร้างของเปลือกกุ้งแข็ง และยังประกอบด้วยสารประเภทไคติน การวิเคราะห์ชนิดของกรดอะมิโน ในเปลือกกุ้งกุลาดายญี่ปุ่น พบว่ามี กรดอะมิโนกลูตามิก แอสปาร์ติก อลานีน และไกลซีน เป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนเปลือกและหัวกุ้งป็นนอกจากเป็นแหล่งแคลเซียมและไคตินแล้ว ยังเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี ขณะที่มันกุ้งซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่ส่วนหัว เป็นแหล่งของกลีซิน ไซมัน และฟอสฟอลิพิด องค์ประกอบทางเคมีของหัวและเปลือกกุ้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหัวและเปลือกกุ้ง

ส่วนที่วิเคราะห์	องค์ประกอบ(ร้อยละ)					
	โปรตีน	แคลเซียม	ไคติน	เถ้า	ไขมัน	ฟอสเฟต
หัวกุ้ง	53.5	7.2	11.1	22.6	8.9	1.68
เปลือกกุ้ง	22.8	11.1	27.2	31.7	0.4	3.1

ที่มา : กิตติยา สุวรรณสังข์, 2544 : 20

2.1.3 โครงร่างและส่วนประกอบของเปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้งประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่เรียกว่าไนโตรจีนัส โพลีแซคคาไรด์ ไคติน (nitrogenous polysaccharide chitin) ร่วมกับสารแคลเซียมซึ่งเป็นตัวทำให้เปลือกแข็งและรวมอยู่ในรูปสารประกอบของโปรตีน มีสารคาโรตินอยด์ ทำให้กุ้งมีสีสวย

1. เปลือกชั้นนอกสุดไม่มีไคตินเป็นองค์ประกอบเรียกว่าเอพิคิวติเคิล (epicuticle) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนและไลปิด เปลือกชั้นนี้มีสีเหลืองอ่อน
2. เปลือกชั้นในมีไคตินเป็นองค์ประกอบ เรียกว่า เอนโดคิวติเคิล (endocuticle) ซึ่งชั้นนี้แบ่งย่อยเป็น 3 ชั้น
 - 2.1 ชั้นสะสมสี ชั้นนี้ประกอบด้วยไคตินร่วมกับเกลือแคลเซียม
 - 2.2 ชั้นที่มีการสะสมเกลือแคลเซียม ประกอบด้วยไคตินที่ไม่มีสี มีเกลือแคลเซียมปริมาณค่อนข้างสูง
 - 2.3 ชั้นที่ไม่มีการสะสมเกลือแคลเซียมมีสารประกอบ ของไคตินและ

โปรตีนอยู่บนชั้นของเนื้อ epithelium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของเปลือกกุ้งมีผู้รายงานไว้ต่างกัันดังนี้ เปลือกกุ้งส่วนลำตัวมี โปรตีนร้อยละ 40 แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 33 ของน้ำหนักแห้ง ได้ศึกษาสารที่สำคัญทางเคมีในเปลือกกุ้งกุลาดำ พบว่า มีแคลเซียม 11.88 กรัมต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง (ศิริลักษณ์ สินทวาลย์, 2533 : 40)



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของเปลือกกุ้งกุลาดำ

2.1.4 การใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้ง มีไคตินอยู่สูงจึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไคติน ซึ่งวิธีการผลิตไคติน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและสารประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบนั้น ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ของวัตถุดิบจะเป็น โปรตีน และแคลเซียมคาร์บอเนต นอกจากนี้จะมีพวกรงควัตถุต่างๆ โปรตีนสามารถแยกออกได้โดยการต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต สามารถแยกออกได้โดยการต้มกับกรดไฮโดรคลอริก หรือ กรดไนตริก ส่วนรงควัตถุสามารถแยกออกโดยใช้สารฟอกสี หรือสารละลายต่าง ๆ

ไคติน (chitin) เป็นสารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่เป็นสารโมเลกุลยาว ประกอบด้วยไฮโดรเจนร้อยละ 6.5 คาร์บอนร้อยละ 47.3 ไนโตรเจน 6.9 และออกซิเจนร้อยละ 39.4 โดยประมาณ สูตรโมเลกุล คือ $(C_8H_{13}NO_5)_n$ ไม่ละลายในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ย่อยสลายด้วยกรดบางชนิด โครงสร้างของไคตินจะได้ผลิตภัณฑ์ไคโตซาน (chitosan) มีผู้ศึกษาแล้วรายงานไว้ว่า เปลือกกุ้งกุลาดำมีไคตินร้อยละ 30 และไคโตซานร้อยละ 22 ของน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคโคซาน เป็นสารที่มีประจุบวก และมีคุณสมบัติเป็นตัวพา ซึ่งร่างกายไม่สามารถดูดซึมได้ (nonabsorbable carrier) ประจุของโคโคซาน สามารถช่วยในการเชื่อมติดกับไขมัน และโคเลสเตอรอล ได้และนอกจากนี้โคโคซาน ยังมีผลลดระดับของโคเลสเตอรอล ในเลือดด้วย แต่ขั้นตอนในการลดโคเลสเตอรอล ในเลือดยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้ มีเพียงการคาดกันว่าโมเลกุลของโคโคซาน ทำเหมือนตัวเชื่อมไขมันในช่องทางเดินอาหารจับทั้งไขมันและโคเลสเตอรอลจากอาหารซึ่งต่อมาจะถูกขับถ่ายออกไปจากร่างกาย

มีการใช้โคโคซานในการเพิ่มความหนืดของอาหารที่เป็นของเหลว และใช้กำจัดสิ่งไม่ต้องการบางอย่างออกจากเครื่องดื่ม เช่น สารแขวนลอยและกรดอินทรีย์บางชนิด และพบว่าโคโคซาน ยังช่วยในการยืดอายุของผลไม้ เช่น มะม่วงและกล้วย โดยการนำโคโคซานเคลือบที่ผิวผลไม้ เป็นการช่วยทำให้มีอายุการเก็บนานขึ้นด้วย เปลือกกุ้งใช้เป็นวัสดุอาหารเลี้ยงสัตว์พบว่า เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี สำหรับสัตว์จำพวกกุ้ง ได้มีผู้ทดลองวิจัยวัสดุอาหารเลี้ยงสัตว์มาแล้ว ได้แก่ ปลาหมึก กากถั่วเหลือง เปลือกกุ้งป่น และปลาป่น (ศิริลักษณ์ สนิทวาลัย, 2533 : 66-67)

การใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ของวัตถุดิบจะเป็นโปรตีน และแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ไม่ค่อมแพร่หลายมากนัก จึงได้เห็นความสำคัญของเศษเหลือจากกุ้ง คือ เปลือกส่วนหัวและหางกุ้ง อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการ หากเสริมลงในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมบริโภค เช่น คุกกี้

2.2 คุกกี้ (cookies)

คุกกี้ (cookies) หรือ บิสกิต (biscuit) เป็นขนมประเภทเดียวกัน ชาวอเมริกันเรียก คุกกี้ แต่ชาวยุโรปเรียก บิสกิต อย่างไรก็ตามทั้ง 2 ชื่อนี้ชาวไทยรู้จักคุ้นหูกันดี คุกกี้ใช้รับประทานกับชา กาแฟ หรือเครื่องดื่มอื่นๆ ได้ทั้งร้อนและเย็น คุกกี้บางชนิดอาจตกแต่งด้วยผลไม้ ถั่ว หรือ ฟรอสติ้งแล้วแต่กรรมวิธีต่าง ๆ ที่ผู้ผลิตจะดัดแปลงได้อีกมากมาย (รุ่งนภา จันทกริรมย์, 2542 : 50) คุกกี้เป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่มีลักษณะกรอบร่วน เป็นชิ้นเล็กขนาดพอคำ หรือหยาบรับประทานสะดวก บางชนิดจะใช้พิมพ์กดตัดเป็นรูปร่างต่างๆ บางชนิดรสชาติแตกต่างกัน สามารถเก็บได้นานกว่าขนมอื่นๆ (ทิพาวรรณ เฟื่องเรือง, อ้างโดย <http://www.tipfood.com>)

คุกกี้แบ่งออกเป็น 6 ชนิดตามวิธีการทำแต่ละอย่างซึ่งมีรูปร่างและรสชาติแตกต่างกันไป

1. คุกกี้หยอด (dropped cookies) ลักษณะของแป้งจะเหลว ลักษณะของคุกกี้ชนิดนี้เมื่ออบแล้วจะกลมมนตรงกลาง หรือเป็นแผ่นบางๆ กรอบร่วน
2. คุกกี้หั่นหรือแช่แข็ง (sliced or refrigerator cookies) คุกกี้ชนิดนี้หั่น หรือแบบแช่แข็งจะหั่น หรืออบได้ต้องแช่แข็ง ก่อนแช่แข็งต้องคลึงแป้งให้เป็นแท่งยาว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว แล้วค่อห่อด้วยพลาสติกหรือกระดาษไข แช่ในตู้เย็นให้ส่วนผสมแข็ง เมื่อท่อนแป้งแข็งนำมาหั่น ด้วยมีดคม เช่น คุกกี้แฟนซี คุกกี้ผลไม้
3. คุกกี้ปั้น (molded cookies) คุกกี้ชนิดนี้เมื่อผสมแล้ว สามารถนำมาปั้นเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ เช่น รูปดาว รูปหัวใจ รูปตุ๊กตา ฯลฯ
4. คุกกี้กด (pressed cookies) คุกกี้ชนิดนี้ใช้กดเป็นรูปต่างๆด้วยพิมพ์โดยใช้กระบอกคุกกี้ที่มีลวดลาย หรือถุงบีบที่ใส่หัวสำหรับบีบคุกกี้ บีบออกมาเป็นลวดลายลงบนถาดอบคุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมของไขมันมากกว่าคุกกี้ ชนิดอื่น และเป็นคุกกี้ที่นิยมทำกันมาก เช่น คุกกี้เนย คุกกี้กาแฟ ฯลฯ หัวบีบที่ใช้กดคุกกี้ชนิดนี้สามารถเปลี่ยนลวดลายตามต้องการ
5. คุกกี้คลึง (rolled cookies) คุกกี้ชนิดนี้แป้งจะแข็งกว่าชนิดอื่น ทำเป็นรูปร่างแปลกๆและสวยงามได้หลายแบบ โดยการคลึงแล้วม้วน ตกแต่งให้สวยงามเป็นคุกกี้ กรอบร่วน
6. คุกกี้แท่ง (bar cookies) คุกกี้ชนิดนี้ตัดเป็นรูปแท่ง มีลักษณะสองอย่างที่ผสมกัน คือ ลักษณะของเค้กและคุกกี้ที่อยู่ในตัวคุกกี้ชนิดนี้ ขนมนจะนิยมใส่ถาดอบกันตั้งเมื่ออบสุกจะนำมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม รูปแท่ง แล้วแซะออกจากถาดคุกกี้ เช่น บราวนี่ ฟินทสไลด์

2.2.1 ส่วนผสมในคุกกี้

ส่วนผสมที่ใช้ในการทำคุกกี้พื้นฐาน คือ วัตถุดิบที่เป็นตัวทำให้คุกกี้มีความแข็ง ได้แก่ แป้ง ไข่ขาว และสารที่ทำให้ขึ้นฟู วัตถุดิบที่ทำให้คุกกี้มีความอ่อนนุ่ม ได้แก่ น้ำตาล ไข่แดง ไขมัน อาจมีการแต่งรสด้วยเกลือ ช็อคโกแลต กาแฟผง มะพร้าวคั่ว ฯลฯ ตลอดจนการแต่งกลิ่นวานิลลา อัลมอนด์ เป็นต้น (รุ่งนภา จันทรภิมย์, 2542 : 50-51)

2.2.1.1 แป้ง

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิด เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมตัวกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนินและไกลอะดลิน เมื่อนำแป้งมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่ง ที่เรียกว่า “กลูเต็น” มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเต็นจะเป็นตัวเก็บแก๊สไว้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และจะเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากเตาอบ แป้งสาลีที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มี 3 ชนิดที่สำคัญ คือ แป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ และแป้งเค้ก ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณลักษณะ รวมถึงการใช้ประโยชน์ต่างกัน ได้แก่

1) แป้งขนมปัง (bread flour) แป้งเนื้อหยาบมีสีครีมได้มาจากข้าวสาลีชนิดหนักมีโปรตีนสูงประมาณร้อยละ 13-15 จึงมี กลูเต็น อยู่มาก และสามารถดูดซึมน้ำได้ดีถึงร้อยละ 65 ของน้ำหนักแป้ง ตัวอย่างของแป้งชนิดนี้ ได้แก่ แป้งขนมปัง ตราหงษ์ขาว (หงษ์ขาว)

2) แป้งอเนกประสงค์ (all purpose flour) แป้งชนิดนี้มีโปรตีนปานกลางประมาณร้อยละ 10-12 เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับแป้งสาลีชนิดอ่อนเข้าด้วยกัน ในสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้แป้งขึ้นฟู ได้แก๊สได้ดีและผงฟู ตัวอย่างแป้งชนิดนี้คือแป้งตราว่าว

3) แป้งเค้ก (cake flour) แป้งชนิดนี้มีโปรตีนต่ำประมาณร้อยละ 7-9 แป้งสาลีชนิดนี้มีลักษณะละเอียดสีขาว ทำให้ขึ้นฟูด้วยสารเคมีเท่านั้น ได้แก่ ผงฟู โซดาไบคาร์บอเนต

แป้งสาลีควรเป็นแป้งสาลีชนิดที่มีโปรตีนปานกลางหรือแป้งสาลีที่มีโปรตีนต่ำคือแป้งอเนกประสงค์หรือแป้งเค้กแป้งทั้งสองชนิดนี้เหมาะสำหรับทำคุกกี้ เพราะทำให้คุกกี้มีความกรอบ สามารถเก็บไว้ได้นาน

หน้าที่ของแป้ง (อังสนา กาญจนากร, 2540: 58)

1. ช่วยให้เกิดโครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์
2. ทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปเมื่ออบสุกแล้ว

การเลือกซื้อแป้ง

1. เลือกซื้อแป้งให้เหมาะสมกับขนมที่ทำ
2. เลือกซื้อแป้งที่มีเนื้อละเอียด ขาวสะอาดไม่มีกลิ่นบูดเปรี้ยว หรือเหม็นสาบและไม่มีตัวมอด
3. ตรวจสอบคุณภาพก่อนซื้อ และซื้อจากร้านที่เชื่อถือได้
4. ควรเลือกที่มีฉลากติดชัดเจน

2.2.1.2 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึกละลายน้ำได้ดีมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต (อังสนา กาญจนกร, 2540 : 59) น้ำตาลทรายเกิดจากอ้อยเป็นน้ำตาลซูโครส ที่นำมาใช้ในการทำเบเกอรี่ต่างๆไปมีอยู่ 3 ชนิด น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลไอซิ่ง น้ำตาลทรายใช้กันมากในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คือ น้ำตาลทรายขาว ซึ่งมีขนาดและความละเอียดต่างกัน ตั้งแต่ ขนาดธรรมดา ผลึกใหญ่หยาบ และเป็นผงละเอียด

- 1) น้ำตาลทราย ที่ใช้ควรเป็นน้ำตาลทรายชนิดเม็ดละเอียด น้ำตาลทรายจะช่วยให้อากาศแทรกในเนื้อเนยได้มากยิ่งขึ้น คุณก็จะมีความโปร่งฟูพอเหมาะ และช่วยให้แป้งมีความคงตัวดี
- 2) น้ำตาลไอซิ่ง เป็นน้ำตาลที่ป่นละเอียดผสมแป้งข้าวโพดประมาณร้อยละ 3 เพื่อไม่ให้น้ำตาลจับตัวเป็นก้อน นิยมใช้ในการทำคุกกี้
- 3) น้ำตาลทรายแดงเป็นน้ำตาลไม่ฟอกมีสีน้ำตาลลักษณะเป็นผงละเอียด มีความชื้นสูง บางครั้งติดกันเป็นก้อนละลายง่าย ทำให้คุกกี้มี กลิ่นรส ดี

หน้าที่ของน้ำตาล (อังสนา กาญจนกร, 2540 : 60-61)

1. ให้ความหวาน แก่ผลิตภัณฑ์
2. ช่วยในการตีครีมและตีไข่ให้ความคงตัวและขึ้นฟู
3. ทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย
4. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์

การเลือกซื้อน้ำตาล

1. เลือกชนิดของน้ำตาลให้เหมาะสมกับชนิดขนมที่จะทำ
2. น้ำตาลทรายเลือกน้ำตาลที่ปราศจากสิ่งปลอมปน

2.2.1.3 ไข่

ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีอยู่หลายชนิด เช่น ไข่สด ไข่แช่แข็ง ไข่ผง สำหรับประเทศไทยส่วนมากใช้ ไข่สด โดยทั่วไปใช้ไข่ไก่ทั้งฟองซึ่งช่วยเสริมโครงสร้างของคุกกี้ ไข่แดงจะช่วยสร้างทั้งโครงสร้างและความอ่อนนุ่มของคุกกี้ เนื่องจากไข่แดงมีไขมันอยู่มาก ไข่ขาวช่วยสร้างโครงสร้างเพราะมีโปรตีนอยู่ และทั้งไข่แดง และไข่ขาวก็ช่วยให้แป้งมีความชุ่มชื้น ควรใช้ไข่ไก่สด มีขนาดโตปานกลาง ไข่ไก่ 1 ฟองมีน้ำหนัก 50 กรัม

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของไข่

องค์ประกอบของไข่	ไข่ทั้งฟอง (ร้อยละ)	ไข่แดง (ร้อยละ)	ไข่ขาว (ร้อยละ)
ความชื้น	73.6	50.0	86.0
โปรตีน	14.0	17.0	10.0
ไขมัน	12.0	31.1	0.2
น้ำตาล	0	0.2	0.4
เกลือ	1.0	1.5	1.0

ที่มา : (ทิพวรรณ เฟื่องเรือง, อ้าง โดย <http://www.tipfood.com>)

- 1) ไข่แดง ส่วนใหญ่เป็นของแข็ง ประกอบด้วยไขมันสารที่เป็นไขมันจะอยู่ในรูปแวนลอยที่ละเอียด ในไข่แดงจะมีไขมันเลซิดินอยู่ประมาณร้อยละ 7 - 10 ของปริมาณไขมันทั้งหมด ซึ่งเป็นตัวทำให้ไข่แดงมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์
- 2) ไข่ขาว มีลักษณะเป็นเจล ซึ่งมีคุณสมบัติของโปรตีนมิวซินในไข่ขาวและยังมีโปรตีนอีกชนิดหนึ่ง คือ โอวัลบูมิน จะตกตะกอนรวมกัน เป็นตัวที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวเมื่อได้รับความร้อน

หน้าที่ของไข่แดง

1. ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู มีปริมาตรดี เมื่อตีไข่จะช่วยเก็บอากาศ ทำให้โปรตีนบางส่วนแข็งตัว จึงทำให้ฟองอากาศคงตัว เวลานำผลิตภัณฑ์เข้าอบ ฟองอากาศในไข่ขยายตัว ทำให้เกิดโครงร่างของเนื้อผลิตภัณฑ์
2. ทำให้เกิดสีแก่เนื้อผลิตภัณฑ์สีเหลืองจากไข่แดง
3. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม เนื่องจากมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 และยังสามารถเก็บความชื้นไว้ในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ทำให้แห้งช้าลง
4. ทำให้ผลิตภัณฑ์น่ารับประทาน ซึ่งมีกลิ่นรสเฉพาะของไข่
5. ให้คุณค่าทางอาหาร เพราะ ไข่มีโปรตีน และเกลือแร่ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

คุณภาพของไข่ที่จะใช้

1. ผิวด้าน หยาบ ไข่ล้น ไข่มัน
2. ช่องอากาศไม่ลึก
3. เมื่อตอกไข่แล้วพบว่าไข่แดงกลมมน ตรงกลางไข่ขาวจะยึดเกาะกันดี
4. ไม่มีกลิ่นเหม็น

การเลือกซื้อไข่

1. เลือกไข่ที่มีรูปร่างกลมรีดีกว่ารี จะมีน้ำหนักมากกว่ารูปร่างรี
2. คุณภาพของ ไข่ขึ้นอยู่กับความสดถ้ายิ่งใหม่ยิ่งสดคุณภาพยิ่งดีผิวนอกของเปลือกไข่สดจะมีผงคล้ายแป้งฉาบติดอยู่ จับดูแล้วรู้สึกเหนียว

2.2.1.4 ไข่มัน

ไข่มันที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้มาจากไขมันพืช และไขมันสัตว์ไขมันเป็นตัวทำให้เส้นใยในส่วนผสมสั้นลงทำให้ขนมนุ่ม ในการทำคุกกี้สามารถใช้ไขมันได้หลายชนิดซึ่งจะทำให้คุกกี้มีลักษณะแตกต่างกันออกไป

- 1) เนยสด (butter) ทำจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัว ประกอบด้วยไขมันร้อยละ 80 มีสีเหลือง คุกกี้ที่ได้จะมีเนื้อแน่น จึงควรใช้เนยสดให้กลิ่นรสที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เนยขาว (shortening) หมายถึง ไขมัน หรือน้ำมันที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบมีความอ่อนนุ่ม โดยการป้องกันการจับตัวของกลูเตนในขณะทำการผสม ไขมันจะห่อหุ้ม กลูเตน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความอ่อนนุ่ม แต่เนยขาวไม่ได้กลั่นรสเหมือนใช้เนยสดหรือ มาการีน เนยขาวดีให้ชั้นฟูมากที่สุด ลูกก็ที่ได้จะเบา กรอบร่วน เหมาะสำหรับขายเพื่อการค้า

3) มาการีน (margarine) มีหลายชนิดโดยแบ่งตามความสามารถในการละลาย และการใช้ประโยชน์โดยทั่วไปมาการีน จัดเป็น 3 ชนิด คือ มาการีนชนิดอ่อน (table margarine) มาการีนสำหรับขนมอบทั่วไป (baker's margarine) และเพสตรีมาการีน (pastry margarine)

หน้าที่ของไขมัน

1. ช่วยหล่อลื่นกลูเตนของแป้ง ทำให้เนียนและนุ่มขึ้น
2. ช่วยเก็บอากาศ ในระหว่างการตีเนย ให้ขนมมีลักษณะเบาฟูเนื้อละเอียด
3. ช่วยให้ขนมมีความมัน นุ่ม และชุ่ม เก็บได้นานขึ้น ผิวของขนมจะบาง
4. เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ไขมันเข้ากับน้ำหรือของเหลวอื่นๆ ได้ดีขึ้น
5. ทำให้กลิ่นรสของอาหารน่ารับประทานโดยเฉพาะเนยสด

การเลือกซื้อไขมัน

เนยสด เนยขาว มาการีนต่างๆควรเลือกที่ความสดใหม่ สีสด ความคงตัวดี ไม่เหม็น มีกลิ่นหอม ไม่หืน (อังสนา กาญจนากร, 2540 : 66-67)

2.2.1.5 สารช่วยให้ขึ้นฟู

สิ่งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู มีความเบา โปร่ง มีลักษณะเนื้อข้างในเป็นรู มี 3 ชนิด ได้แก่ อากาศ ไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

- 1) การขึ้นฟูด้วยอากาศอากาศสามารถเข้าไปในส่วนผสมได้หลายวิธี
 - 1.1) การร่อนแป้งก่อนผสม
 - 1.2) การตีแป้งกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น ผงฟู น้ำ ไขมัน นม น้ำตาลเข้า

ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3) การตีเนยกับน้ำตาล (การทำเค้ก)
- 1.4) การตีไข่กับน้ำตาล
- 1.5) การห่อพับริดแบ่งสำหรับทำพาย
- 2) การขึ้นฟูด้วยไอน้ำ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วน ของแป้งกับน้ำที่มีอยู่ในส่วนผสม ซึ่งจะขยายตัวขึ้นเมื่อได้รับความร้อน (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2525 : 37)
- 3) การขึ้นฟูด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดขึ้น โดยกระบวนการทางเคมีซึ่งสารเคมีที่สลายตัว ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ผงฟู แอมโมเนีย เป็นต้น

ผงฟูเป็นสารช่วยขึ้นฟูอีกชนิดที่นิยมใช้ในคุกกี้ควรใช้ชนิดที่ออกฤทธิ์เป็นสองเท่าตัวทำให้ขนมฟูเบาแผ่ขยายตัวได้ดี ผงฟูแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 3.1) ผงฟูกำลังหนึ่ง (single acting หรือ fast action) หรือ ผงฟู ปฏิกิริยาเร็ว ผงฟูชนิดนี้จะผลิต แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ทันที ในขณะที่ส่วนผสมถูกผสม และจะผลิตแก๊สออกมาอย่างรวดเร็วในระหว่างที่ผลิตภัณฑ์รอการอบ ดังนั้นผงฟูประเภทนี้ ต้องผสมอย่างรวดเร็ว และรีบนำเข้าเตาอบทันทีหลังจากผสมเสร็จ
- 3.2) ผงฟูกำลังสอง หรือ ผงฟูที่ปฏิกิริยาช้า (double acting) ประกอบด้วย เบกกิ้งโซดากับกรด 2 ชนิด หรือมากกว่า กรดชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็ว ได้แก่ แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต โดยจะผลิตแก๊สออกมาในขณะที่ส่วนผสมถูกผสม ส่วนกรดอีกชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาช้า ได้แก่ โซเดียมไพโรฟอสเฟต หรือ โซเดียมอะลูมิเนียมซัลเฟต กรดตัวหลังนี้ จะผลิตแก๊สออกมา ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนจากเตาอบ สำหรับผู้ประกอบการธุรกิจด้านเบเกอรี่นิยมใช้ผงฟูชนิดที่ 2 เนื่องจากขนมสามารถจะรอเตาอบได้โดยไม่ต้องกลัวสูญเสียแก๊ส (อังสนา กาญจนาร, 2540 : 78)

หน้าที่ของผงฟู (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2525 : 44)

1. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ เบา ฟู ง่ายต่อการเคี้ยว
2. เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านในจะเป็นรูโปร่งทำให้ย่อยได้ง่ายขึ้น
3. ทำให้ผลิตภัณฑ์น่ารับประทาน

การเลือกซื้อ

การเลือกซื้อ สารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู ควรเลือกที่ใหม่และไม่หมดอายุการใช้งาน คุณที่ฉลากปิดข้างขวด หรือระบุว่าชนิดใดใช้กับผลิตภัณฑ์ใด นอกจากคุณลักษณะการใช้งานแล้ว ต้องดูอายุการใช้งานที่ฉลากกำหนดไว้ที่ภาชนะก่อนซื้อ

2.3 ขั้นตอนการทำคุกกี้

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ดวงแป้งและผงฟู แล้วร่อนด้วยที่ร่อนแป้งอย่างน้อย 2 ครั้ง พักไว้

2.3.2 การผสม

การผสมแป้งคุกกี้ ต้องตีเนยกับน้ำตาลให้ขึ้นฟู แล้วเติมไข่ไก่ที่ละลาย ตีต่อไปให้เข้ากัน ใส่แป้งลงผสมเบาๆ เร็วๆ เพื่อไม่ให้เกิดการผสมนานเกินไป เพราะถ้าผสมนาน กЛУเต็นท์ที่เกิดขึ้นจะทำให้ส่วนผสมแห้ง และเหนียว เมื่อนำไปบีบคุกกี้จะแข็ง ถ้าต้องการคุกกี้ร่วน มัน ควรผสมไขมัน น้ำตาล ของเหลวให้เข้ากัน แล้วจึงผสมแป้ง การผสมควรทำโดยเร็ว คุกกี้เมื่อผสม แล้วนำมาบีบ เป็นรูปร่างต่างๆทันที หากปล่อยไว้นาน คุกกี้จะแข็ง การบีบคุกกี้ ควรทำเป็นรูปร่างเท่าๆกันทุกชิ้น บีบลงในถาดที่ทำน้ำมันไว้ให้ห่างกันประมาณ 1 นิ้ว เพราะเมื่ออบแล้ว คุกกี้จะได้ไม่ติดกันเนื่องจากคุกกี้ขยายตัวเมื่ออบ ถ้าเป็นคุกกี้เนย จะต้องคนหรือตีเนยกับน้ำตาลให้ขึ้นฟูก่อนแล้วจึงใส่ไข่ที่ละลาย ตีต่อจนเข้ากันดีและฟูเล็กน้อยจึงใส่แป้ง

2.3.3 การอบ

คุกกี้ที่ผสมด้วยส่วนผสมที่มีคุณภาพดี อาจเสียได้ถ้าอบไม่ถูกต้อง ถาดที่ใช้อบคุกกี้ ควรทาน้ำมัน อุณหภูมิที่ใช้อบคุกกี้ที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและไขมันสูงควรต่ำกว่า อุณหภูมิที่ใช้อบคุกกี้ทั่วไป ในการอบคุกกี้ควรนำออกจากเตาอบเมื่อคุกกี้เหลืองสวย การอบคุกกี้ต้องตั้งอุณหภูมิให้ได้เท่าที่ตำรากำหนดไว้ ก่อนใส่คุกกี้เข้าเตาอบ อุณหภูมิของเตาอบมีส่วนสำคัญมาก เพราะคุกกี้บางชนิดอุณหภูมิไม่ถึง และ คุกกี้อยู่ในเตาอบนานจะทำให้คุกกี้แบนราบ อุณหภูมิที่ใช้อบคุกกี้ แต่ละชนิดไม่เท่ากันแต่จะอยู่ประมาณ 180-200 องศาเซลเซียส ถ้าอบไฟแรงเกินไปจะทำให้คุกกี้ไหม้ ข้างในไม่สุก และไม่กรอบ ไม่น่ารับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การทำให้เย็น

เมื่อนำลูกก็้อออกจากเตาอบแล้วควรทำให้เย็นโดยเร็ววิธีบแชะขนมออกจากถาดทันที ในขณะที่ลูกก็้อยังร้อนอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกหักของลูกก็้อ เนื่องจากลูกก็้อเมื่อเย็นลงแล้วจะแข็งตัวและแตกหักได้ง่าย เมื่อแชะออกจากถาด (จิตรนา แจ่มเมฆ, 2525 : 234)

2.4 การบรรจุและการเก็บรักษาลูกก็้อ (รุ่งนภา จันทกริรมย์, 2542 : 52)

เมื่อลูกก็้อเย็นแล้วควรบรรจุวางเรียงให้เป็นระเบียบ ใส่ภาชนะฝาปิดสนิท ขวดโหล หรือ อลูมิเนียม เพื่อป้องกันการลมและรักษาให้ลูกก็้อกรอบได้ทนนาน จะเก็บลูกก็้อไว้นาน 2-3 เดือน ถ้าจะเก็บไว้ในถุงพลาสติกต้องใช้ถุงที่ทนความร้อนอย่าให้มีลมเข้าก็จะเก็บไว้นานเช่นกัน

2.5 เทคนิคการทำลูกก็้อ

1. แป้งสดใหม่
2. แป้งที่ใช้ต้องร่อนก่อนตวง
3. ตวงสัดส่วนให้แน่นอน ทำตามขั้นตอนที่ตำราบอก
4. ถาดที่ใช้อบลูกก็้อควรเป็นถาดดี้นเป็นถาดที่ไม่มีขอบจะดีกว่าถาดที่มีขอบเพราะแชะลูกก็้อออกง่ายกว่า
5. ก่อนบีบลูกก็้อควรสังเกตดูส่วนผสมก่อน ถ้าหากส่วนผสมเหลวเวลาดีกจะแบนราบเกินไปให้เติมแป้งเพิ่มอีก 1-2 ช้อนโต๊ะ ถ้าส่วนผสมแห้งเกินไปก็้อจะบีบดอกไม่ออกให้เติมนมข้นจืดเพิ่มอีก 1-2 ช้อนโต๊ะ
6. การบีบลูกก็้อ ทำให้เป็นรูปร่างแต่ละอันในถาดเดียวกันควรเท่ากันและเว้นระยะให้ห่าง 1-2 นิ้ว เพื่อที่ขยายตัวในขณะที่อบ
7. ก่อนอบลูกก็้อถาดต่อไป ถาดนั้นต้องเย็นสนิท เสียก่อนการกดลูกก็้อด้วยกระบอบกด ต้องตั้งตรงกดเบาๆ จังหวะในการกดต้องเท่ากัน ขนมที่ได้มาต้องมีสัดส่วนของชิ้นที่เท่ากัน
8. ก่อนใส่แป้งข้างหน้ากระบอบควรตรวจสอบว่าใส่ถูกหรือไม่ส่วนของกระบอบจะมีสองหน้า ถ้าจับดูด้านหนึ่งจะนูนอีกด้านหนึ่งไม่นูน ให้เอาด้านนูนไว้ข้างนอก
9. เอาขนมออกจากเตาอบ เมื่ออุณหภูมิถึงระดับตามตำรากำหนด วางถาดไว้ตรงกลางเตา ตั้งเวลา (ดูเวลาเมื่อเอาขนมเข้าเตา)
10. เมื่อขนมสุกแต่ละถาด แชะออกจากถาดวางบนตะแกรง เมื่อขนมเย็นสนิทเก็บใส่ภาชนะปิดฝาเพื่อให้ขนมกรอบ

2.6 ประโยชน์ของลูกก๊ี้

ส่วนผสมในอาหารอบแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนผสมหลัก ได้แก่ แป้งสาลี ไขมัน ส่วนผสมรอง ได้แก่ ไข่ น้ำตาล กลิ่นรสต่างๆ สารที่ให้สีชมพู ผลไม้แห้ง และผลไม้อื่นๆ ส่วนผสมเหล่านี้จะใส่หรือไม่ก็ได้

2.6.1 แป้งสาลี

จะให้สารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังให้สารอาหารโปรตีน ไขมัน และวิตามิน

2.6.2 ไขมันและไขมัน

ให้สารอาหารไขมัน ไขมันเป็นสารอาหารให้พลังงานมากที่สุด

2.6.3 ไข่

ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง สารอาหารในไข่ส่วนใหญ่จะให้สารอาหารโปรตีน ซึ่งมีอยู่ทั้งไข่ขาวและไข่แดง เป็นโปรตีนสมบูรณ์ นอกจากนี้ไข่ยังมีเกลือแร่ที่สำคัญ คือ เหล็ก วิตามิน A สูง ไข่ช่วยปรุงรสอาหาร แต่งสี ทำให้อาหารขึ้นฟู แข็งตัว

2.6.4 น้ำตาล

น้ำตาลให้คุณค่าสารอาหารคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังทำให้เกิดรสชาติทำให้ขนมโปร่งฟู และเพิ่มสีให้กับขนม

2.6.5 สารช่วยให้ขึ้นฟู

สารช่วยให้ขึ้นฟู ได้แก่ ผงฟู เป็นสารเคมีที่ช่วยในการขึ้นฟูและยังมีส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งเกิดเองตามธรรมชาติ เช่น ไอน้ำ อากาศ นอกจากส่วนผสมที่กล่าวมานี้ยังสามารถเสริมสารอาหารที่มีความสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ คือ โปรตีนและแคลเซียม ดังนั้น จึงได้ผลิตลูกก๊ี้เสริมโปรตีนและแคลเซียม

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

วัตถุดิบ

แป้งสาลีตรา บัวแดง

แป้งสาลีตรา หงษ์ขาว

เปลือกกุ้งผง

น้ำตาลไอซิ่ง

เนยสด

ไข่ไก่

วานิลลา

สารเคมี

ผงฟู

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องใช้ประเภทชั่ง ตวง วัด

1. ถ้วยตวง
2. ช้อนตวง
3. เครื่องชั่ง
4. เทอร์โมมิเตอร์

เครื่องใช้ประเภทเตรียมและผสม

1. ที่ร่อนแป้งหรือແ່ງ
2. อ่างผสม
3. ที่ปาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พายยาง หรือพายพลาสติก
5. ที่แช่ขนม
6. แปรงทาพิมพ์
7. เครื่องผสมอาหารแบบแนวตั้ง

เครื่องใช้ประเภทอบ

1. ถาด
2. ตะแกรงพักขนม
3. ตู้อบหรือเตาอบ

อุปกรณ์ในการอบเปลือกกุ้ง

ตู้อบลมร้อน

อุปกรณ์ในการอบเปลือกกุ้ง

1. เครื่องปั่น
2. เครื่องบด
3. เครื่องฉนีกปากถุง

3.1.2 การทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

1. กระดาษ A4 1 รีม
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน 1 ชุด
3. แผ่นดิสก์ 10 แผ่น

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

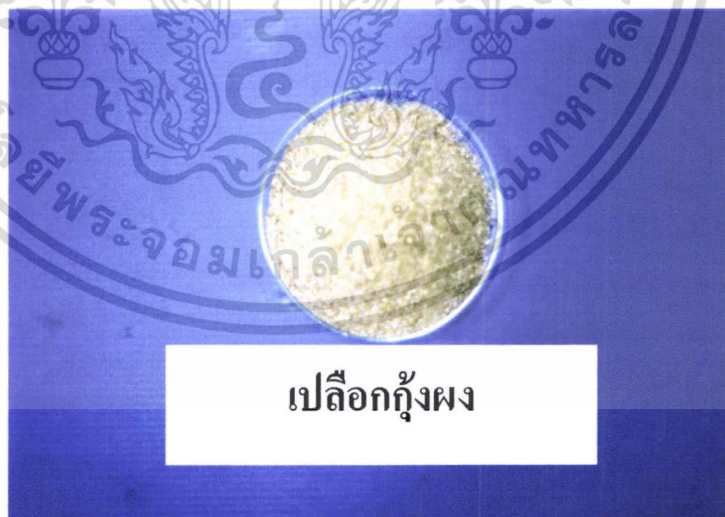
3.2.1 ดำเนินการวิจัย

การผลิตคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง หาบปริมาณ เปลือกกุ้งผงที่เหมาะสมตามอัตราส่วนร้อยละ 0, ร้อยละ 3, ร้อยละ 7, ร้อยละ 10, น้ำหนัก รวมของคุกกี้ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผู้บริโภค โดยวางแผนการทดลอง แบบ RCBD (randomized complete block design)

3.2.2 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการวิจัย

เศษเหลือจากกึ่งกุลาดำ โดยใช้เปลือกส่วนหัวเปลือกส่วนลำตัว และเปลือก ส่วนหาง เปลือกส่วนหัวล้างทำความสะอาดแยกอวัยวะที่ทำหน้าที่ขบถ่ายของเสียออก นำ เศษเหลือจากกึ่งล้างน้ำให้สะอาด 2 ครั้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เปลือกกุ้งที่ได้มีลักษณะที่แห้ง กรอบ มีสีเหลืองส้ม นำไปบดด้วย เครื่องให้ละเอียดจะได้ เปลือกกุ้งผง นำบรรจุในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันอากาศและเก็บ ไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เปลือกกุ้งผง หมายถึง เศษเหลือจากกึ่งกุลาดำ ที่ได้ทำการระเหยน้ำโดยการนำ ไปอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของเปลือกกุ้งผง

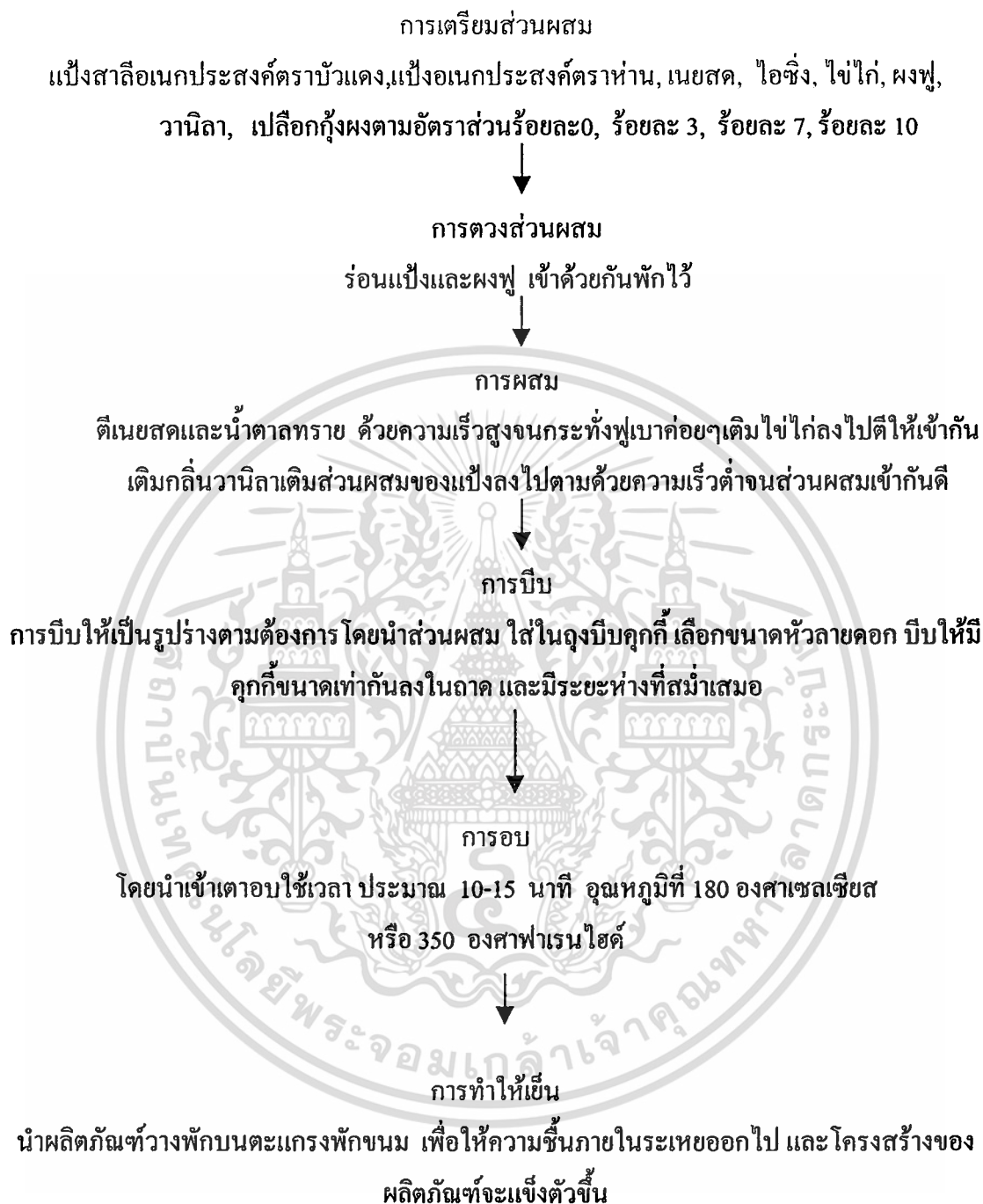
3.2.3 ขั้นตอนการผลิตคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง
โดยได้แปลงสูตรคุกกี้เนย (ล้นทม จักรเพชร, 2541 : 15) ดังนี้

3.2.3.1 ส่วนผสม

แป้งสาลีเนกประสงค์ตราบัวแดง, แป้งอเนกประสงค์ตราห่าน,
เนยสด, ไข่ชิ่ง, ไข่ไก่, ผงฟู, วานิลลา, เปลือกกุ้งผงตามอัตราส่วนร้อยละ 0,
ร้อยละ 3, ร้อยละ 7 และร้อยละ 10 น้ำหนักรวมของคุกกี้

3.2.3.2 วิธีการ

1. ร่อนแป้งและผงฟู เข้าด้วยกันพักไว้
2. ตีเนยสดและน้ำตาลทราย ด้วยความเร็วสูงจนกระทั่งฟูเบา
3. ค่อยๆเติมไข่ไก่ลงไปตีให้เข้ากัน เติมหั่นวานิลลา
4. เติมส่วนผสมของแป้งที่ร่อนไว้แล้วลงไปตามด้วยความเร็วต่ำ
5. นำมาคด หรือบีบให้เป็นรูปร่างตามต้องการ
6. นำเข้าอบใช้เวลา ประมาณ 10-15 นาที โดยใช้อุณหภูมิ 180 องศา
เซลเซียส หรือ 350 องศาฟาเรนไฮต์



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำคุกกี้เนย

ที่มา : ถิ่นทม จักรเพชร, 2541 : 18

3.3 การประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสต่อคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง

โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน โดยทดสอบระดับความชอบด้วยแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 5 point hedonic scale จำนวนตัวอย่างที่ใช้ คือ คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ 1 คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณเปลือกกึ่งผงร้อยละ 0 ตัวอย่างที่ 2 คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณเปลือกกึ่งผงร้อยละ 3 ตัวอย่างที่ 3 คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณเปลือกกึ่งผงร้อยละ 7 ตัวอย่างที่ 4 คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณเปลือกกึ่งผงร้อยละ 10 ผู้ทดสอบชิม 20 คนให้คะแนนความชอบในแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังตารางภาคผนวก ก.

3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยทดสอบด้วยวิธี 5 point hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี analysis of variance ที่มีความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new multiple ranges test)

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลำประเทวี เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

3.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ.2545 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากกึ่ง ได้นำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการนำเศษเหลือจากกึ่งไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 5 ชั่วโมง จะได้เปลือกกึ่งที่มีลักษณะกรอบ และแห้ง มีสีเหลืองส้ม นำมาบดให้ละเอียดเป็นเปลือกกึ่งผง เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คือ คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง

4.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

จากการผลิตคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งโดยมีส่วนผสมเปลือกกึ่งผงในปริมาณที่แตกต่างกันตามอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 7, 10 ของน้ำหนักรวมของคุกกี้โดยส่วนผสมอื่นๆ มีน้ำหนักคงที่ตามสูตรจากการผลิตคุกกี้เนย (ล้นทม จักรเพชร, 2541 : 15) นำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 4 ตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 5 point hedonic scale แสดงในตารางภาคผนวก ก จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง พบว่า ปริมาณเปลือกกึ่งผงที่แตกต่างกันตามลำดับจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นว่า เปลือกกึ่งผงปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเข้มของกึ่งมาก และมักมีรสชาติของกึ่งมาก ดังนั้นเปลือกกึ่งผงปริมาณร้อยละ 10 มากเกินไปทำให้เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง จึงไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อใช้เปลือกกึ่งผงปริมาณร้อยละ 0, 3, และ 7 ของน้ำหนักรวมผู้บริโภคให้การยอมรับได้ที่ เปลือกกึ่งผงร้อยละ 3 คุณลักษณะที่ปรากฏ ด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์มีรสชาติของกึ่งน้อยลง ด้านเนื้อสัมผัสกรอบร่วนพอเหมาะ มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ สีน้ำตาลอ่อน เปลือกกึ่งผงในปริมาณน้อยจึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์ ด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง ปริมาณเปลือกกึ่งผงร้อยละ 0 และ 3 ของน้ำหนักรวมมากที่สุดรองลงมา คือ ปริมาณเปลือกกึ่งผงร้อยละ 7 และ 10

ตารางภาคผนวกที่ 3 คุณลักษณะที่ปรากฏของคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	A	B	C	D
สี	มีสีน้ำตาลอ่อน ไม่มีสีเข้มของ กึ่ง	สีน้ำตาลอ่อน มีสีเข้มของกึ่งเล็ก น้อย	สีน้ำตาลอ่อน มีสีเข้มของกึ่ง ปานกลาง	สีน้ำตาล มีสีเข้มของกึ่ง มากที่สุด
รสชาติ	ไม่มีรสชาติ ของกึ่ง	รสชาติ ของกึ่งเล็กน้อย	รสชาติของกึ่ง พอเหมาะ	รสชาติของกึ่ง มากที่สุด
เนื้อสัมผัส	กรอบร่วนค่อนข้างนิ่ม	กรอบร่วนพอ เหมาะ	กรอบร่วน ค่อนข้างแข็ง	กรอบร่วน แข็งมากที่สุด
ความชอบ โดยรวม	ชอบ มากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบน้อย

ตัวอย่าง

- A = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 0 ของน้ำหนักรวม
- B = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวม
- C = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 7 ของน้ำหนักรวม
- D = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากผลคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่เสริมโปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน นำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) ผลลัพธ์ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง มีความแตกต่างทางด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สรุปผลการวิเคราะห์ที่ 4 โดยได้เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี DMRT (duncan's new multiple ranges test) แสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	A	B	C	D
ด้านสี	1.35 ^d	2.45 ^c	3.70 ^b	4.55 ^a
ด้านรสชาติ	1.60 ^d	2.50 ^c	3.55 ^b	4.75 ^a
ด้านเนื้อสัมผัส	2.20 ^b	3.30 ^a	3.40 ^a	3.50 ^a
ความชอบโดยรวม	3.63 ^a	3.60 ^a	2.55 ^b	2.20 ^b

*ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตัวอย่าง

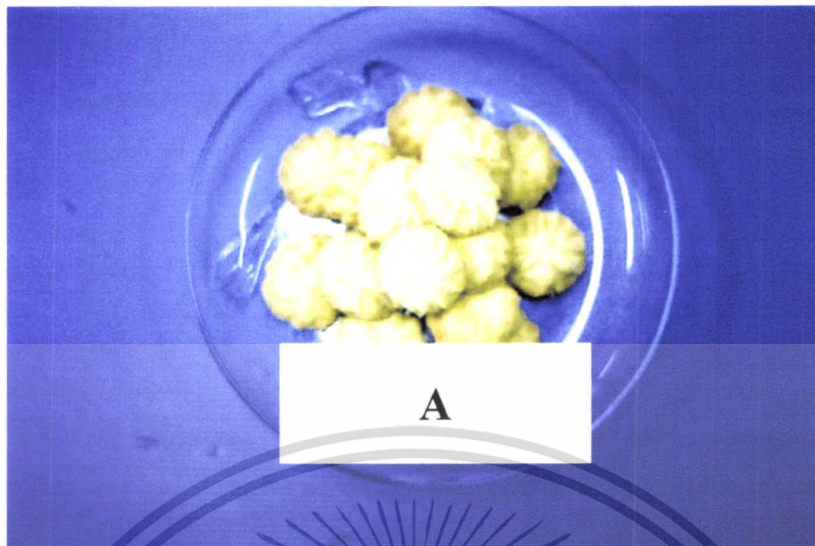
- A = ผู้บริโภคที่เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 0 ของน้ำหนักรวม
- B = ผู้บริโภคที่เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวม
- C = ผู้บริโภคที่เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 7 ของน้ำหนักรวม
- D = ผู้บริโภคที่เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางประสาทสัมผัสของคูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง พบว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านสีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยคูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณเปลือกกุ้งผงร้อยละ 0, 3, 7, และ 10 น้ำหนักรวมของคูกี้มีคะแนนเฉลี่ย คุณลักษณะด้านสีเท่ากับ 1.35, 2.45, 3.70, และ 4.55 ตามลำดับ โดยใช้เปลือกกุ้งผงปริมาณมากขึ้น จะทำให้คะแนนการยอมรับด้านสีสูงขึ้น เนื่องจากเปลือกกุ้งผง มีสีเหลืองส้มตามธรรมชาติ

จากผลการวิเคราะห์สถิติทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของผลิตภัณฑ์คูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยคูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 0, 3, 7, และ 10 มีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติเท่ากับ 1.60, 2.50, 3.55 และ 4.75 โดยเมื่อผลิตภัณฑ์ มีปริมาณเปลือกกุ้งผงมากขึ้นจึงทำให้มีรสชาติของกุ้งเพิ่มมากขึ้นด้วย

จากผลการวิเคราะห์สถิติทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์คูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับปริมาณเปลือกกุ้งผงร้อยละ 3, 7, และ 10 ตามลำดับ โดยปริมาณเปลือกกุ้งผงร้อยละ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนพอเหมาะ อันดับต่อมาคือ ปริมาณเปลือกกุ้งผงร้อยละ 7 และ 10 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 3.40, 3.50 เนื่องจากเมื่อปริมาณของเปลือกกุ้งเพิ่มมากขึ้น คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง และกรอบร่วนแข็ง จึงไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์

จากผลการวิเคราะห์สถิติทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวมของผลิตภัณฑ์คูกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง พบว่า ผู้บริโภคชอบมากโดยให้คะแนนเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ปริมาณเปลือกกุ้งผงร้อยละ 0 และ 3 ของน้ำหนักรวมมากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีตามธรรมชาติ มีสีน้ำตาลอ่อน มีสีเข้มของกุ้งเล็กน้อย และเนื้อสัมผัสกรอบร่วนพอเหมาะ โดยมีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากเท่ากับ 3.63 และ 3.60 ทางด้านความชอบโดยรวม ผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเปลือกกุ้งผงร้อยละ 7 และ 10 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.55 และ 2.20 มีคะแนนความชอบ โดยรวมลดลงอาจเป็นเพราะว่ามีปริมาณเปลือกกุ้งผงมากทำให้มีสีเข้มของกุ้งตามธรรมชาติมากเกินไป และมีรสชาติของกุ้งมากเกินไป ทำให้มีผลต่อเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วนค่อนข้างแข็ง จึงไม่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์

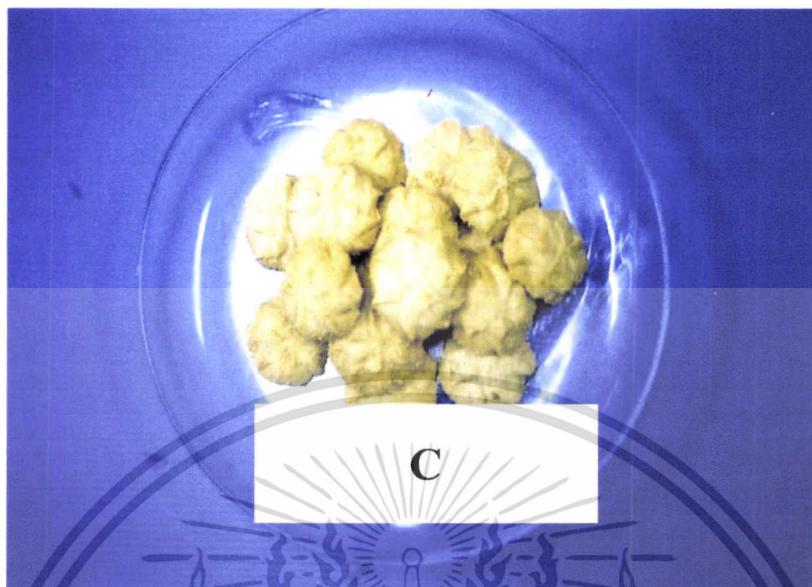


ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม โปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งปริมาณร้อยละ 0

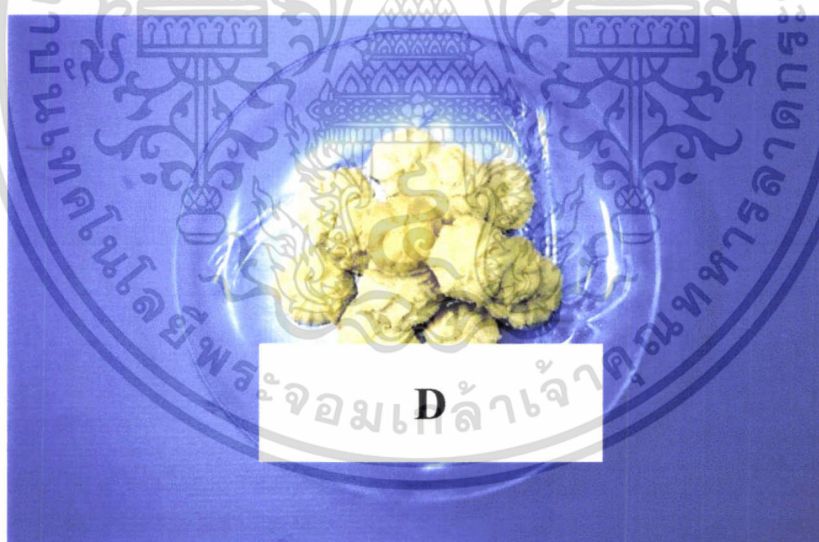


ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม โปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งปริมาณร้อยละ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม โปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณร้อยละ 7



ภาพที่ 8 ผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม โปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกึ่งปริมาณร้อยละ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากที่ได้ทำการวิจัยนำเศษเหลือจากกุ้งมาแปรรูปเป็นเปลือกกุ้งผงเพื่อใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งโดยผสมเปลือกกุ้งผง ร้อยละ 0, 3, 7, 10 ของน้ำหนักรวมของคุกกี้ ทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ผลิตได้ โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน พบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ มีความแตกต่างกันด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยคุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งควรใช้เปลือกกุ้งผงในส่วนผสมปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวมของคุกกี้ ซึ่งจะผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีสีตามธรรมชาติ สีน้ำตาล และมีสีเข้มของเปลือกกุ้งไม่มากเกินไป รสชาติของกุ้งพอเหมาะ มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมเศษเหลือจากกุ้ง ทำความสะอาดเศษแยกส่วนที่เป็นของเสียออกอย่างรวดเร็วเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ที่จะทำให้เกิดการเน่าเสีย
2. คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง สามารถนำไปพัฒนารูปแบบต่างๆ ได้อีกหลายรูปแบบตามความต้องการของผู้บริโภค เช่น เคลือบช็อกโกแลต หรือน้ำตาลโดยเติมสีต่างๆ ให้สวยงาม และนำรับประทานให้มากยิ่งขึ้น
3. การใช้เศษเหลือจากกุ้งเพื่อเสริมโปรตีนและแคลเซียม สามารถนำไป พัฒนาใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ เช่น ข้าวเกรียบโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง
4. นำผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกุ้งนี้ไปศึกษาเรื่องวิธีการเก็บรักษาต่อไป

บรรณานุกรม

- กิตติยา สุวรรณสังข์ . 2544 . การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เค้กเสริมโปรตีนจากสัตว์น้ำ . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 81น.
- จิตรณา แจ่มเมฆ . 2525 . เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น . ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 253 น.
- จิตรณา แจ่มเมฆ และคณะ . 2543 . วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร . ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 505 น.
- ทิพาวรรณ เฟื่องเรือง . 2545. ผลิตภัณฑ์ขนมอบ .อ้าง โดย <http://www.tipfood.com>
- รุ่งนภา จันทกริมย์ . 2542 . เอกสารประกอบการเรียน ช 0153 ช่างอาหารอบ .โรงเรียนศรีอยุธยา กรมสามัญศึกษา . 203 น.
- ถันทม จักรเพชร . 2541 . เอกสารประกอบการเรียน วิชา ขนมอบ . สาขาอาหารและโภชนาการ . วิทยาลัยอาชีวศึกษานครปฐม . 45 น.
- ศิริลักษณ์ สีนธวัลย์ . 2533 . การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ . กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ . 264 น.
- อังสนา กาญจนกร . 2540 . เอกสารประกอบการเรียน วิชา อาหารอบ . คณะคหกรรมศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้ . 263 น.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์คุกกี้อร่าพรีเมียมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่ง

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ผู้ทดสอบจะได้รับผลิตภัณฑ์ ต้องประเมินความชอบตามคุณลักษณะต่างๆ เช่น ด้าน สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม กรุณาเขียนหมายเลขของตัวอย่างและเครื่องหมาย / ภายในช่องที่กำหนดไว้

คุณลักษณะ	ระดับการตัดสินใจ	หมายเลขตัวอย่าง			
ด้านสี	สีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ มีสีเข้มของกึ่งมากที่สุด				
	สีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ มีสีเข้มของกึ่งมาก				
	สีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ มีสีเข้มของกึ่งปานกลาง				
	สีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ มีสีเข้มของกึ่งเล็กน้อย				
	สีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ไม่มีสีเข้มของกึ่ง				
รสชาติ	รสชาติของกึ่งมากที่สุด				
	รสชาติของกึ่งมาก				
	รสชาติของกึ่งพอเหมาะ				
	รสชาติของกึ่งเล็กน้อย				
	ไม่มีรสชาติของกึ่ง				
ลักษณะเนื้อสัมผัส	กรอบแข็งมากที่สุด				
	กรอบร่วนค่อนข้างแข็งเล็กน้อย				
	กรอบร่วนพอเหมาะ				
	กรอบเล็กน้อย				
	กรอบเล็กน้อยค่อนข้างนิ่ม				
ความชอบโดยรวม	ชอบมากที่สุด				
	ชอบมาก				
	ชอบปานกลาง				
	ชอบน้อย				
	ชอบเล็กน้อย				

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA)

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีน และแคลเซียม โดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะด้านสี

Judge	A	B	C	D	Total
1	1	2	3	4	10
2	2	2	4	5	13
3	1	2	3	4	10
4	1	2	4	3	10
5	1	3	4	5	13
6	1	4	4	5	14
7	1	2	3	4	10
8	1	3	4	5	13
9	3	2	3	5	13
10	1	3	4	5	13
11	3	1	4	5	13
12	1	3	4	5	13
13	2	1	4	5	12
14	2	2	4	5	13
15	1	2	3	4	10
16	1	2	4	3	10
17	1	3	4	5	13
18	1	4	4	5	14
19	1	3	3	4	11
20	1	3	4	5	13
Total	27	49	74	91	241
Sample mean score	1.35	2.45	3.7	4.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

A = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 0 ของน้ำหนักรวม

B = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวม

C = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 7 ของน้ำหนักรวม

D = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม

ระดับคะแนนความชอบ

5 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติสีน้ำตาลมีสีเข้มของกึ่งมากที่สุด

4 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติสีน้ำตาลมีสีเข้มของกึ่งมาก

3 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติสีน้ำตาลอ่อนมีสีเข้มของกึ่งปานกลาง

2 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติสีน้ำตาลอ่อนมีสีเข้มของกึ่งเล็กน้อย

1 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติมีสีน้ำตาลอ่อนไม่มีสีเข้มของกึ่ง

ตารางภาคผนวกที่ 2 ตารางการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance table) คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งด้านสี

Source of variance	SS	df	MS	F _{cal}	F _{table}
sample	118.33	3	39.44	94.02*	2.76
judge	10.73	19	0.56	1.34 ^{ns}	1.70
error	23.91	57	0.41		
Total	152.98	79			

Sample $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 94.02 มีค่ามากกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 2.40 แสดงว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

judge $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 1.34 มีค่าน้อยกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 1.70 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม
โปรตีน และแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะรสชาติ

Judge	A	B	C	D	Total
1	1	2	3	5	11
2	1	3	4	5	13
3	1	1	3	4	9
4	1	3	4	5	13
5	1	3	4	5	13
6	1	3	4	4	12
7	1	2	3	4	10
8	1	3	4	5	13
9	4	3	2	5	14
10	1	3	4	5	13
11	1	2	4	5	12
12	1	2	4	5	12
13	1	2	4	5	12
14	2	2	3	5	12
15	4	3	2	5	14
16	1	3	4	4	13
17	2	3	4	4	13
18	4	3	4	5	16
19	1	3	4	5	13
20	2	2	3	5	12
Total	32	51	75	95	250
Sample	1.6	2.55	3.75	4.75	
mean score					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

A = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 0 ของน้ำหนักรวม

B = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวม

C = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 7 ของน้ำหนักรวม

D = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม

ระดับคะแนนความชอบ

5 คะแนน รสชาติของกุ้งมากที่สุด

4 คะแนน รสชาติของกุ้งมาก

3 คะแนน รสชาติของกุ้งพอเหมาะ

2 คะแนน รสชาติของกุ้งเล็กน้อย

1 คะแนน ไม่มีรสชาติของกุ้ง

ตารางภาคผนวกที่ 4 ตารางการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance table) ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งคุณลักษณะด้านรสชาติ

Source of variance	SS	df	MS	F _{cal}	F _{table}
sample	109.53	3	36.51	64.60*	2.76
judge	10.23	19	0.53	0.95 ^{ns}	1.70
error	32.21	57	0.56		
Total	151.98	79			

Sample $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 64.60 มีค่ามากกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 2.76 แสดงว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

judge $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 0.95 มีค่าน้อยกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 1.70 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

Judge	A	B	C	D	Total
1	3	4	4	4	15
2	3	4	2	4	13
3	3	3	3	4	14
4	3	3	3	3	12
5	3	3	3	3	12
6	3	3	1	2	12
7	3	4	1	2	10
8	3	3	3	3	12
9	3	3	3	4	13
10	5	3	1	4	13
11	3	3	1	3	13
12	5	4	3	2	14
13	4	3	1	5	13
14	4	4	4	4	16
15	3	4	2	4	13
16	3	3	3	4	13
17	5	3	1	4	13
18	3	3	1	3	13
19	5	4	3	2	14
20	3	4	1	2	10
Total	70	68	44	66	258
Sample mean	3.5	3.4	2.2	3.3	
score					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

A = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 0 ของน้ำหนักรวม

B = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวม

C = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 7 ของน้ำหนักรวม

D = ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม

ระดับคะแนนความชอบ

5 คะแนน กรอบแข็งมากที่สุด

4 คะแนน กรอบร่วนค่อนข้างแข็งเล็กน้อย

3 คะแนน กรอบร่วนพอเหมาะ

2 คะแนน กรอบเล็กน้อย

1 คะแนน กรอบเล็กน้อยค่อนข้างนุ่ม

ตารางภาคผนวกที่ 6 ตารางการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

(analysis of variance table) ลูกกอล์ฟเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

Source of variance	SS	df	MS	F_{cal}	F_{table}
sample	22.00	3	7.33	10.07*	2.76
judge	15.70	19	0.82	1.13 ^{ns}	1.70
error	41.50	57	0.72		
Total	79.2	79			

Sample $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 10.07 มีค่ามากกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 2.76 แสดงว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

judge $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 1.13 มีค่าน้อยกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 1.70 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม
โปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งด้านความชอบโดยรวม

Judge	A	B	C	D	Total
1	5	4	3	2	14
2	3	4	3	2	12
3	4	4	2	1	11
4	5	2	1	1	9
5	3	2	2	1	8
6	3	5	3	3	14
7	5	4	3	2	14
8	5	1	2	5	13
9	3	5	4	3	15
10	2	4	5	1	12
11	5	3	2	2	12
12	1	5	3	4	13
13	5	4	1	1	11
14	5	4	3	2	14
15	3	4	3	2	12
16	4	4	2	1	11
17	5	2	1	1	9
18	3	2	2	1	8
19	3	5	3	3	14
20	5	4	3	2	14
Total	77	72	51	40	240
Sample	3.85	3.6	2.5	2.0	
mean score					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

A = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 0 ของน้ำหนักรวม

B = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 3 ของน้ำหนักรวม

C = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 7 ของน้ำหนักรวม

D = คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งร้อยละ 10 ของน้ำหนักรวม

ระดับคะแนนความชอบ

5 คะแนน ชอบมากที่สุด

4 คะแนน ชอบมาก

3 คะแนน ชอบปานกลาง

2 คะแนน ชอบน้อย

1 คะแนน ชอบเล็กน้อย

ตารางภาคผนวกที่ 8 ตารางการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

(analysis of variance table) คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม

Source of variance	SS	Df	MS	F _{cal}	F _{table}
sample	45.70	3	15.23	11.38*	2.76
judge	22.00	19	1.158	0.86 ^{ns}	1.70
error	76.30	57	1.33		
Total	144	79			

Sample $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 11.38 มีค่ามากกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 2.76 แสดงว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

judge $F_{cal} > F_{table}$

ความหมายว่าค่า F_{cal} ที่คำนวณได้ 0.86 มีค่าน้อยกว่า F ในตาราง 5 percent points for distribution F คือ 1.70 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance)

ตารางภาคผนวกที่ 9 สูตรการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA)

Source of variance	Sum of Square	Degree of freedom	Mean Square	F
Sample	$\frac{(T_1^2+T_2^2+T_3^2+T_4^2)-C.F.}{r}$	t-1	$\frac{SS, Sample}{df, Sample}$	$\frac{MS, Sample}{MS, Error}$
Judge	$\frac{(R_1^2+\dots+R_{20}^2)-C.F.}{t}$	r-1	$\frac{SS, Judges}{df, Judges}$	$\frac{MS, Judges}{MS, Error}$
Error	SS, Total - SS, Judges - SS, Sample	(t-1)(r-1)	$\frac{SS, Error}{df, Error}$	
Total	$\sum x_{ij}^2$	tr-1		

เมื่อ	T	=	ผลรวมของแต่ละตัวอย่าง
	t	=	จำนวนตัวอย่าง
	r	=	จำนวนผู้ทดสอบชิม
	C.F.	=	correction factor
		=	$\frac{(Total)^2}{TR}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณค่า analysis of variance: ANOVA การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณภาพ
ลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้ง

1. การคำนวณหาค่า C.F. (Correction Factor)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{Total})^2}{\text{TR}} \\
 &= \frac{(241)^2}{(4 \times 20)} \\
 &= \frac{58081}{80} \\
 &= 726.01
 \end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่า df (degree of freedom) df, Sample = t-1

2.1 df, sample

$$\begin{aligned}
 &= t - 1 \\
 &= 4 - 1 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

2.2 df, Judge

$$\begin{aligned}
 &= r - 1 \\
 &= 20 - 1 \\
 &= 19
 \end{aligned}$$

2.3 df, Total

$$\begin{aligned}
 &= tr - 1 \\
 &= (4 \times 20) - 1 \\
 &= 80 - 1 \\
 &= 79
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 df, Error

$$\begin{aligned}
 &= (t-1)(r-1) \\
 &= (4-1)(20-1) \\
 &= (3 \times 19) \\
 &= 57
 \end{aligned}$$

3. การคำนวณหาค่า SS (Sum of square) ของตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

3.1 SS, Sample

$$\begin{aligned}
 &= [(T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2)/R] - C.F. \\
 &= [(27^2 + 49^2 + 74^2 + 91^2)/20] - 726.01 \\
 &= [(729 + 2,401 + 5,476 + 8,281)/20] - 726.01 \\
 &= (16,887/20) - 726.01 \\
 &= 844.34 - 726.01 \\
 &= 118.33
 \end{aligned}$$

3.2 SS, Judge

$$\begin{aligned}
 &= [(R_1^2 + \dots + R_{20}^2)/T] - C.F. \\
 &= [(10^2 + 13^2 + 10^2 \dots + 13^2)/4] - 726.01 \\
 &= [(100 + 169 + 100 \dots + 169)/4] - 726.01 \\
 &= (2,947/4) - 726.01 \\
 &= 736.75 - 726.01 \\
 &= 10.73
 \end{aligned}$$

3.3 SS, Total

$$\begin{aligned}
 &= \sum x_{ij}^2 - C.F. \\
 &= (1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 2^2 + 2^2 \dots + 5^2) - 726.01 \\
 &= 879 - 726.01 \\
 &= 152.98
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 SS, Error

$$\begin{aligned}
 &= \text{SS, Total} - \text{SS, Judges} - \text{SS, Sample} \\
 &= 152.98 - 118.33 - 10.73 \\
 &= 23.91
 \end{aligned}$$

4. การคำนวณหา MS (Mean of Square) ของตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

4.1 MS, sample

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{SS, sample}}{\text{df, sample}} \\
 &= \frac{118.34}{3} \\
 &= 39.44
 \end{aligned}$$

4.2 MS, judge

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{SS, judges}}{\text{df, judges}} \\
 &= \frac{10.74}{19} \\
 &= 0.56
 \end{aligned}$$

4.3 MS, error

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{SS, error}}{\text{df, error}} \\
 &= \frac{23.91}{57} \\
 &= 0.41
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การคำนวณหาค่า F (Variance of ratio) ของ Sample และ judge โดยจำแนกได้ดังนี้

5.1 F, sample

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{MS, sample}}{\text{MS, error}} \\
 &= \frac{39.44}{0.41} \\
 &= 94.02
 \end{aligned}$$

5.2 F, judge

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{MS, judges}}{\text{MS, error}} \\
 &= \frac{0.56}{0.41} \\
 &= 1.34
 \end{aligned}$$

สรุปลง ตารางภาคผนวกที่ 10

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่า analysis of variance table คุกกี้อเสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะด้านสี ที่คำนวณได้

Source of variance	SS	df	MS	F _{cal}	F _{table}
Sample	118.33	3	39.44	94.02*	2.76
Judge	10.73	19	0.565	1.34 ^{ns}	1.70
Error	23.91	57	0.41		
Total	152.98	79			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำค่า F ไปพิจารณา จากตารางที่ 2 เปิดตาราง variance of ratio 5 percent points for distribution of F

6.1 พิจารณาความแตกต่างของ sample(percent significant different level ของ sample)

$$F_{\text{cal, sample}} = 96.19$$

ที่ $F_{\text{table,0.05}}$ ที่ df, sample (numerator) = 3
df, error (denominator) = 57

$$F_{\text{table,0.05}} = 2.76$$

ดังนั้น $F_{\text{cal, sample}} > F_{\text{table,0.05}}$

จากการคำนวณ $F_{\text{cal, sample}}$ ที่คำนวณได้ 96.19

มีค่ามากกว่า $F_{\text{table,0.05}}$ ในตารางที่ระดับ 2.76

แสดงว่า ผลลัพธ์ทั้ง 4 ตัวอย่าง คุณลักษณะด้านสี นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่าง มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

6.2 พิจารณาความแตกต่างของ judges (percent significant different level ของ judges)

$$F_{\text{cal, judges}} = 1.36$$

ที่ $F_{\text{table,0.05}}$ ที่ df, judges (numerator) = 19
df, error (denominator) = 57

$$F_{\text{table,0.05}} = 1.70$$

ดังนั้น $F_{\text{cal, judges}} < F_{\text{table,0.05}}$

จากการคำนวณ $F_{\text{cal, judges}}$ ที่คำนวณได้ 1.36

มีค่ามากกว่า $F_{\text{table,0.05}}$ ในตารางที่ระดับ 1.70

แสดงว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ผลลัพธ์ทั้ง 4 ตัวอย่างคุณลักษณะด้านสี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

7. พิจารณาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างคุณลักษณะด้านสีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี DMRT (duncan's new multiple ranges test)

1. เป็นวิธีตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองทั้งหมด ในกรณีที่มีสิ่งทดลองจำนวนมาก
2. ไม่มีการเปรียบเทียบหรือวางแผนล่วงหน้าหรือ เน้นการเปรียบเทียบอย่างใดอย่างหนึ่ง
3. เป็นการเปรียบเทียบลำดับเฉลี่ย จากช่วงกว้างที่สุดโดยการเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย

แบบ DMRT ใช้ค่า LSR (least significant ranges) มีหลายค่าตามขนาดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวอย่างแต่ละคู่มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

1. คำนวณค่า S_y
2. คำนวณค่า LSR ตามจำนวนค่าเฉลี่ยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
3. เรียงลำดับค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

$$\text{โดย } LSR_{\alpha, p} = (SSR_{\alpha, p}) S_y$$

เมื่อ SSR คือ ค่าจากตาราง significant studentized ranges

α คือ ระดับความเป็นไปได้ที่ต้องการใช้

p คือ จำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงเปรียบเทียบ (มีค่าเท่ากับ ผลต่างของ

อันดับการเปรียบเทียบ + 1)

n คือ จำนวนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (จำนวนซ้ำ) ที่ใช้ค่าเฉลี่ย

7.1 การคำนวณค่า S_y

$$S_y = \sqrt{\frac{\text{error mean square}}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.41}{20}}$$

$$= 0.14$$

7.2 การคำนวณค่า LSR (least significant ranges) สำหรับช่วงการเปรียบเทียบต่าง ๆ โดยอาศัยตาราง significant studentized ranges (SSR)

P คือ จำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงของการเปรียบเทียบ (ผลต่างของอันดับการเปรียบเทียบ)+1
ตัวอย่างในการทดลอง = 4

ต้องการทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ 1 กับ 4, 1 กับ 3, 1 กับ 2, 2 กับ 4, 3 กับ 4,

$$P = (4-1) + 1 = 4$$

$$P = (3-1) + 1 = 3$$

$$P = (2-1) + 1 = 2$$

$$P = (4-2) + 1 = 3$$

$$P = (4-3) + 1 = 2$$

ตารางภาคผนวกที่ 11 ตาราง significant studentized ranges : SSR เปิดที่ df ของ error

P	2	3	4
SSR $\alpha_{0.05}$	2.83	2.97	3.03
LSR	0.39	0.41	0.42

เมื่อ $df_{error} = 57$ $Sy = 0.14$

7.3 จัดเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก

ตารางภาคผนวกที่ 12 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสุกก็เสริมโปรตีนและแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกุ้งคุณลักษณะด้านสี

อันดับ	1	2	3	4
ตัวอย่าง	D	C	B	A
ค่าเฉลี่ย	1.35	2.45	3.70	4.55

7.4 หาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยช่วงต่างๆ (โดยเริ่มจากช่วงที่กว้างที่สุด)

$$\begin{aligned} A - D &= 4.55 - 1.3 \\ &= 3.2 \end{aligned}$$

$$LSR_{0.05,4} = 0.42$$

ค่าที่คำนวณได้มากกว่า LSR ที่ $\alpha = 0.05$ แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอันดับที่ 1 กับ 4

$$\begin{aligned} A - C &= 4.55 - 2.45 \\ &= 2.1 \end{aligned}$$

$$LSR_{0.05,3} = 0.41$$

ค่าที่คำนวณได้มากกว่า LSR ที่ $\alpha = 0.05$ แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอันดับที่ 1 กับ 3

$$\begin{aligned} A - B &= 4.55 - 3.70 \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

$$LSR_{0.05,2} = 0.39$$

ค่าที่คำนวณได้มากกว่า LSR ที่ $\alpha = 0.05$ แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอันดับที่ 1 กับ 2

$$\begin{aligned} B - D &= 3.70 - 2.45 \\ &= 1.3 \end{aligned}$$

$$LSR_{0.05,3} = 0.41$$

ค่าที่คำนวณได้มากกว่า LSR ที่ $\alpha = 0.05$ แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอันดับที่ 2 กับ 4

$$\begin{aligned} A - B &= 2.45 - 1.35 \\ &= 1.1 \end{aligned}$$

$$LSR_{0.05,2} = 0.39$$

ค่าที่คำนวณได้มากกว่า LSR ที่ $\alpha = 0.05$ แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอันดับที่ 3 กับ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยการใช้อักษรกำกับ ถ้าอักษรตัวเดียวกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ($P \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสสุกก็เสริมโปรตีน และแคลเซียมโดยใช้เศษเหลือจากกึ่งคุณลักษณะด้านสี

อันดับ	1	2	3	4
ตัวอย่าง	A	B	C	D
ค่าเฉลี่ย	4.55 ^a	3.70 ^b	2.45 ^c	1.35 ^d

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ