รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อลูกตาลสุก และการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ขนมลา

Nutritional and antioxidant properties of the flesh of the ripe sugar palm and its application in Khanomla

ผศ.ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว
อ.ดร.อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
มหาวิทยาลัยทักษิณ

คำรับรองคุณภาพ

รายงานวิจัยเรื่อง **คุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อลูกตาลสุกและการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ขนมลา**

ผู้วิจัย **อมรรัตน์ ถนนแก้ว และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี**

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอรับรองว่ารายงานวิจัยฉบับนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว มีความเห็นว่าผลงานวิจัยฉบับนี้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์

- ☐ ดีมาก
- ☐ ดี
- ☐ ปานกลาง
- ☑ พอใช้
- ☐ ควรปรับปรุง

.....

(อาจารย์ ดร.วันลภ ดิษสุวรรณ์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
23 พฤษภาคม 2560

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของเนื้อลูกตาลสุกที่เติมน้ำตาลทรายและไม่เติมน้ำตาลทราย รวมทั้งศึกษาการนำเนื้อลูกตาลสุกไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมลา เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่าเนื้อลูกตาลสุกมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และใยอาหาร ร้อยละ 0.97, 0.15, 76.20 และ 4.41 ตามลำดับ เมื่อเติมน้ำตาลทรายในเนื้อลูกตาลสุกในอัตราส่วน 1:1 พบว่า เนื้อลูกตาลที่ผสมน้ำตาลทรายมีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรต เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมน้ำตาลทรายในเนื้อตาลสุกยังส่งผลให้ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์กับรามีค่าลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่เนื้อลูกตาลสุกทั้ง 2 ตัวอย่าง ยังคงมีจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงกว่า 1100 MPN/g เมื่อวัดค่าสี พบว่าการเติมน้ำตาลทรายส่งผลให้ค่าความสว่าง และค่าสีเหลือง ของเนื้อตาลสุกลดลง แต่จากการสังเกตพบว่าเนื้อลูกตาลสุกมีความเป็นสีส้มและมีความมันวาวมากกว่าเนื้อลูกตาลที่ไม่มีการเติมน้ำตาลทราย เมื่อนำเนื้อลูกตาลสุกที่เติมและไม่เติมน้ำตาลทรายมาใช้เป็นส่วนผสมในขนมลา โดยการทดแทนปริมาณน้ำตาลโตนดที่ระดับร้อยละ 0, 2.5, 5, และ7.5 ตามลำดับ เมื่อนำขนมลาไปวิเคราะห์คุณภาพพบว่า การเติมเนื้อลูกตาลสุกในขนมลา ส่งผลให้ขนมลามีค่าสีเหลือง ความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของขนมลาในระหว่างการเก็บรักษา การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลูกตาลสุกส่งผลให้ขนมลามีสีส้นที่สวยงามและมีกลิ่นรสของเนื้อลูกตาลสุก แต่อย่างไรก็ตามหากใช้เนื้อตาลสุกในปริมาณสูงตั้งแต่ร้อยละ 5 ส่งผลให้ขนมลามีเส้นหนา มีความเหนียว และมีรสขม จากการทดลองพบว่าขนมลาที่ใส่เนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส ความกรอบ และความชอบรวม สูงที่สุดโดยมีคะแนนดังนี้ 7.5, 7.8, 7.7, 7.8 และ 7.9 ตามลำดับ สรุปได้ว่าการใช้เนื้อลูกตาลสุกในขนมลาสามารถช่วยเพิ่ม สี กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ได้ แต่จะต้องใช้เนื้อลูกตาลสุกในปริมาณที่เหมาะสม เมื่อนำขนมลาที่เติมเนื้อลูกตาลสุกไปเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่า ขนมลาที่เติมเนื้อตาลโตนดมีกลิ่นเหม็นหืน ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อมีการเก็บรักษาได้เพียง 1 เดือน แต่ขนมลาชุดควบคุมสามารเก็บรักษาได้ 3 เดือน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้เนื้อลูกตาลสุกในขนมลาสามารถช่วยเพิ่มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมลา แต่จะต้องใช้เนื้อลูกตาลสุกในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากเนื้อลูกตาลสุกอาจจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีรสขม และเกิดกลิ่นหืนในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: เนื้อลูกตาล, ขนมลา, น้ำตาลทราย

Abstract

The objective of this work was to investigate some properties of ripe Palmyrah fruit pulp (PFP) and its application in Khanomla. The chemical analysis found that PFP contained protein, fat, moisture and fiber 0.97%, 0.15%, 76.20% and 4.41%, respectively. Adding the sugar into PFP in a ratio of 1: 1 could increase the carbohydrate and ash content of PFP but the decreases of water activity, total plate count, yeast and mold were found. However, both of PFP had a high number of a number of coliform bacteria (>1100 MPN / g). Application of PEP in Khanomla was studied by replacement of palm sugar with the level of 0, 2.5, 5, and 7.5%. We found that PEP caused the increases of yellowness, moisture content and water activity of Khanomla. The sensory test found that PEP could improve the color and flavor of Khanomla. However, using PEP up to 5% could cause the bitter flavor, thickness and toughness of product. 2.5% of PEP in Khanomla had the highest sensory score in appearance, color, flavor and overall likeness; 7.5, 7.8, 7.7, 7.8 and 7.9 respectively. Conclusion, application of PEP could improve the quality of Khanomla but the appropriate amount must be concerned. The quality changes during storage of Khanomla at room temperature were studied. The sensory test showed that the PFP caused the rancidity of Khanomla within a month of storage. But the control sample could be storage throughout 3 months. Conclusion, application of PEP could improve the sensory properties of Khanomla but the appropriate amount must be concerned. PEP could cause the bitter taste and the rancidity during storage of Khanomla

Keyword: Palmyrah fruit, Khanomla, Sugar

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “คุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อลูกตาลสุกและการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ขนมลา” ได้งบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัย กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภทงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปงบประมาณ พ.ศ. 2559 โครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายทั้งจากผู้ประสานงาน หน่วยงาน และเกษตรกรในพื้นที่ คณะผู้ดำเนินการจึงขอขอบพระคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ มา ณ ที่นี้ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณ นิสิต และบุคลากร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินโครงการในทุก ๆ ด้าน

ผศ.ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว

พฤษภาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ขนมลา	3
ตาลโตนด	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
วัตถุดิบที่ใช้ผลิตขนมลา	7
อุปกรณ์และเครื่องมือ	7
สถานที่ดำเนินการวิจัย	8
วิธีการและขั้นตอนการวิจัย	8
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการทดลอง	
ผลของการเตรียมเนื้อตาลสุกต่อสมบัติทางเคมี กายภาย จุลินทรีย์และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อลูกตาลสุก	15
ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณภาพขนมลา	19
การศึกษาผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมลา	23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุป	29
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	33
ภาคผนวก ข	48

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 3.1	ขั้นตอนการยีตาล	9
ภาพที่ 3.2	เนื้อลูกตาลสุกที่ไม่เติมน้ำตาลทราย (A) และเนื้อลูกตาลสุกที่เติมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 (B)	10
ภาพที่ 3.3	วิธีการทำขนมลา	13
ภาพที่ 4.1	ผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดถุงร้อน สำหรับใส่อาหาร และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน	24
ภาพที่ 4.2	ผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมลา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดถุงร้อนสำหรับใส่อาหาร และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสงและใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน	27
ภาพที่ 4.3	ผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมลา ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดถุงร้อนสำหรับใส่อาหาร และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสงและใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน	28

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 4.1	สมบัติทางเคมีของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1	16
ตารางที่ 4.2	ค่าสีของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1	16
ตารางที่ 4.3	จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1	17
ตารางที่ 4.4	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1	18
ตารางที่ 4.5	ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อสมบัติทางเคมีของขนมลา	20
ตารางที่ 4.6	ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อค่าสีของขนมลา	20
ตารางที่ 4.7	ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อสมบัติทางเคมีของขนมลา	21
ตารางที่ 4.8	ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อค่าสีของขนมลา	21
ตารางที่ 4.9	ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมลา	22

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปญหาที่ทำการวิจัย

ขนมลาเป็นขนมหวานพื้นบ้านของทางภาคใต้ของประเทศไทย ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมกับน้ำตาลและทอดด้วยน้ำมันพืช ขนมลาเป็นขนมสำคัญหนึ่งที่ใช้สำหรับจัดเพื่อนำไปถวายพระสงฆ์ในงานประเพณีบุญสารทเดือนสิบ ซึ่งเป็นงานบุญประเพณีที่สำคัญของจังหวัดในภาคใต้ เช่น จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดพัทลุง จังหวัดสงขลา เพื่ออุทิศส่วนกุศลให้แก่บรรพบุรุษที่ล่วงลับ ขนมลาปรุงขึ้นเพื่อเป็นเสมือนแพรพรรณเสื้อผ้าสำหรับบรรพบุรุษที่ล่วงลับไปแล้ว ในอดีตมีการผลิตขนมลาเฉพาะในช่วงเทศกาลเดือนสิบ แต่ในปัจจุบันได้มีการผลิตขนมลาเพื่อการค้า ซึ่งสามารถหาซื้อได้ตลอดทั้งปี แหล่งที่มีการผลิตขนมลาเพื่อการค้ามากที่สุดคือพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยเฉพาะ อำเภอปากพนัง อำเภอเมือง และอำเภอเชียรใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมลาเป็นผลิตภัณฑ์สินค้า OTOP ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนเป็นจำนวนมาก นอกจากนากผลิตภัณฑ์ขนมลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ซึ่งสามารถผลิตและหาวัตถุดิบผลิตได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถเก็บรักษาได้นาน สะดวกในการขนส่ง มีลักษณะและมีวิธีการผลิตที่เฉพาะตัว ที่มีความน่าสนใจ พร้อมทั้งมีประวัติที่เกี่ยวเนื่องกับประเพณีและวัฒนธรรมของคนใต้ จึงทำให้มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเพื่อการจำหน่ายในระดับอาเซียน แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของการผลิตและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมลา พบว่าปัญหาที่สำคัญ คือ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน และเสียลักษณะที่ดีของเนื้อสัมผัส คือความกรอบลดลงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและกระทบต่อแผนการจัดจำหน่าย ซึ่งปัจจัยการผลิตสำคัญที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารประเภทนี้ คือ ชนิดของน้ำมันและสภาวะในการทอด เมื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของการผลิตขนมลาพบว่าน้ำมันที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ขนมลาส่วนใหญ่เป็นน้ำมันปาล์ม นอกจากนี้บางสถานประกอบการได้ใช้น้ำปาล์มที่ไม่ได้ผ่านการรับรองคุณภาพ มอก. และ อย. เนื่องจากน้ำมันดังกล่าวมีราคาถูกสามารถลดต้นทุนการผลิต ซึ่งน้ำมันดังกล่าวสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนและกลิ่นสาบในผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากความไม่มั่นใจทั้งในเรื่องของคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาการผลิตเพื่อยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลาให้มีคุณภาพได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ลูกตาลสุกเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนัก ส่วนใหญ่เกษตรกรได้ปล่อยให้สุกคาต้นและหล่นเน่าเสียไป เนื้อลูกตาลสุกมีสีเหลือง มีกลิ่นหอม และมีรสหวาน จึงเหมาะสำหรับการทำอาหาร แต่อย่างไรก็ลูกตาลสุกมีการนำมาใช้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น โดยการนำมายีเอาเนื้อออกแล้วผสมกับแป้งน้ำตาลและกะทิ เพื่อใช้ในการทำขนมตาล หรือนำมาผสมกับขนมหวานอื่น ๆ เช่น ขนมบัวลอย ขนมขี้หนู เป็นต้น เพื่อช่วยให้ขนมมีสี และกลิ่นพิเศษแตกต่างจากเดิม ส่วนประกอบของผลตาลสุกประกอบด้วย ขั้ว เปลือก เมล็ด และเนื้อ ปริมาณร้อยละ 3.2, 7.5, 4.7, 6.7, 40.6 - 40.8 และ 31.6-34.3 ตามลำดับ เนื้อลูกตาลสุกประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 86 - 90 มีผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเบื้องต้นดังนี้ คือ ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ระหว่าง 5 - 6 ของแข็งที่ละลายได้ 3.5 ^{o}Brix นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อลูกตาลสุกประกอบด้วยไฟโตนิวเทรียนท์ เช่น สารเบต้าแคโรทีน (β-carotene) 6,075 หน่วยสากลต่อเนื้อลูกตาลสุก 100 กรัม ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมลา โดยมีแนวทางการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์โดยใช้ประโยชน์ของไฟโตนิวเทรียนท์ที่สกัดจากเนื้อลูกตาลสุก เพื่อเพิ่มสารต้านออกซิเดชันให้แก่ผลิตภัณฑ์ขนมลาสามารถเป็นการสร้างทางเลือกสำหรับการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขนมลาให้แก่ผู้บริโภค และสามารถเพิ่มมูลค่า และแนวทางการใช้ประโยชน์แก่วัตถุดิบลูกตาลสุกได้อีกทางหนึ่ง

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาผลของการเตรียมเนื้อตาลสุกต่อสมบัติทางเคมี กายภาย จุลินทรีย์ และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อลูกตาลสุก
2) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมลาที่เสริมสารต้านออกซิเดชันจากเนื้อลูกตาลสุก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ขนมลา

ขนมลา หมายถึงขนมที่ได้จากการนำแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งชนิดอื่น ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน มาผสมกับน้ำตาล อาจเติมเกลือ สี และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ชาเขียว ผสมให้เข้ากันจนได้ลักษณะตามต้องการ นำไปโรยในกระทะที่ทาน้ำมันบาง ๆ หรือทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมทำให้เป็นแผ่น เป็นพับ หรือเป็นม้วน ให้ได้รูปทรงตามต้องการ อาจนำไปผึ่งแดดหรืออบจนกรอบด้วยก็ได้ (มผช.712/2547)

ประเพณีสารทเดือนสิบนั้น หัวใจของประเพณี คือ ความกตัญญู ความกตัญญูที่กล่าวนั้นเป็นการแสดงออกของลูกหลานต่อบรรพชนที่สิ้นชีวิตไปแล้วและยังมีชีวิตอยู่ ต่อพระสงฆ์องค์เจ้า และต่อผู้ที่ควรเคารพ การแสดงความกตัญญูที่ว่าเด่นที่สุด คือ การนำอาหารต่าง ๆ ไปให้แด่บรรพชน และผู้ที่กล่าวมาแล้วในช่วงของประเพณีสารทเดือนสิบ อาหารเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะขนมซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของประเพณีงานเดือนสิบ 5 อย่าง คือ ลา พอง ไข่ปลา บ้า และดีซัม ขนมทั้ง 5 อย่างนี้เป็นขนมที่มีการทำสืบทอดกันมานานแล้ว ซึ่งก็จะมีสูตรในการทำอาหารโดยใช้ส่วนประกอบที่มีในท้องถิ่น เช่น น้ำตาลที่มาทำขนมลา ใช้น้ำตาลจากต้นจาก ซึ่งเป็นพืชที่มีอยู่ในท้องถิ่น เป็นต้น ขนมทั้ง 5 อย่าง ก็จะมีความหมายดังนี้ ขนมลา เป็นสัญลักษณ์แทนแพรพรรณเครื่องนุ่งห่ม ขนมพอง เป็นสัญลักษณ์แทนเรือแพที่บรรพบุรุษใช้ล่องข้ามห้วงมหรรณพตามคติทางพระพุทธศาสนา ขนมบ้า เป็นสัญลักษณ์แทนลูกสะบ้าสำหรับบรรพบุรุษใช้เล่น ในวันสงกรานต์ ขนมไข่ปลา (กง) ขนมกง (ขนมไข่ปลา) เป็นสัญลักษณ์แทนเครื่องประดับ ขนมดีซำ เป็นสัญลักษณ์แทนเงิน เบี้ย สำหรับใช้สอย (สุภาวดี, 2557)

ขนมลาเป็นขนมสำคัญหนึ่งในห้าชนิดที่ใช้สำหรับจัดเพื่อนำไปถวายพระสงฆ์ในงานประเพณีบุญสารทเดือนสิบ ซึ่งเป็นงานบุญประเพณีที่สำคัญของจังหวัดในภาคใต้ เช่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา เป็นต้น เป็นประเพณีที่ได้รับอิทธิพลด้านความเชื่อมาจากทางศาสนาพราหมณ์ โดยมีการผสมผสานกับความเชื่อทางพระพุทธศาสนา โดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญ เพื่อเป็นการอุทิศส่วนกุศลให้แก่ดวงวิญญาณของบรรพชนและญาติที่ล่วงลับ โดยจะเริ่มปล่อยตัวจากนรกในทุกวันแรม 1 ค่ำ เดือน 10 เพื่อมายังโลกมนุษย์ ซึ่งมีจุดประสงค์ในการมาขอส่วนบุญจากลูกหลานญาติพี่น้องที่ได้เตรียมการอุทิศไว้ให้เป็นการแสดงความกตัญญูกตเวทีต่อผู้ล่วงลับ หลังจากนั้นก็จะกลับนรกในวันแรม 15 ค่ำ เดือน 10 ช่วงระยะเวลาในการประกอบพิธีกรรมของประเพณีสารทเดือนสิบจะมีขึ้นในวันแรม 1 ค่ำ ถึง วันแรม 15 ค่ำ เดือนสิบของทุกปี ขนมลาที่ได้ทำขึ้นในประเพณีสารทเดือนสิบเพื่อเป็นเสมือนแพรพรรณเสื้อผ้าให้กับผู้ล่วงลับยามเดือนกลับนรกหรือใช้ในยามอยู่ในนรก

1.1 ประวัติขนมลา

ขนมลา มีชื่อมาจากคำว่า “ลา” ในภาษาปักษ์ใต้ “ลา” เป็นคำกริยา แปลว่า เช็ด ป้าย ทา หรือละเลงเพราะการทอดขนมลานี้เขาต้องใช้แป้งละลายกับน้ำและน้ำตาลค่อนข้างเหลว นำแป้งไปใส่ใน “พรกลา” คือกะลาเจาะรูเล็กๆ มากมายเพื่อโรยแป้งให้เป็นเส้นลงบนกระทะที่ตั้งไฟพอร้อนปานกลางแต่เพื่อไม่ให้แป้งติดกระทะ ก่อนจะโรยแป้งเขาจะเอาไข่แดงต้มสุกห่อผ้าขาวบางๆ นำไปชุบน้ำมันแล้วเอามา “ลา” คือ ทา ป้าย หรือเช็ดที่กระทะ เมื่อโรยแป้งลงเส้นแป้งจะไม่ติดกระทะ แป้งจะออกมาเป็นร่างแหหรือตาข่ายเหมือนขนมรังนก การทำขนมลาทำเพื่อใช้อุทิศส่วนกุศลให้แก่บรรพชนที่เชื่อว่าอาจไปเกิดเป็นเปรตในยมโลกนี้เพื่อให้เปรตบรรพชนได้นำไปใช้แทนเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่มตาม

ลักษณะของขนมลาที่เป็นเส้นๆ ซึ่งแผ่ออกได้เหมือนเสื้อผ้านั่นเอง บางกระแสเชื่อว่าขนมลา ใช้เป็นอาหารสำหรับเปรตที่ทำบาปด้วยการขโมยของวัด ตายไปจึงเกิดมาเป็นเปรตปากเท่ารูเข็มอาหารที่เปรตจำพวกนี้จะกินได้ก็เห็นจะใช้ขนมลาเส้นเล็ก ๆ ทีละเส้น (สมปราชญ์, 2552) เช่นเดียวกับที่สุมาลัย (2554) ได้กล่าวว่า ขนมลา เป็นสัญลักษณ์แทนแพรพรรณเครื่องนุ่งห่ม บางท้องถิ่นเชื่อว่าทำขึ้นสำหรับเปรตจำพวกที่มีปากเล็กเท่ารูเข็ม เพื่อจะได้ดึงรับประทานที ละเส้นเพราะปากเล็กรับประทานอาหารชิ้นใหญ่ ๆ เป็นคำ ๆ ไม่ได้

2.2 การผลิตขนมลา

การผลิตขนมลาแบบโบราณของชาวลุ่มน้ำปากพนัง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ (สุภาวดี, 2557)

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมแป้ง

นำข้าวเจ้ามาผสมกับสารข้าวเหนียว (ข้าวเจ้า 1 ถัง : ข้าวเหนียว ประมาณ 4 กิโลกรัม) นำมาซาวคลุกให้เข้ากันแล้วนำไปแช่น้ำประมาณ 2 ชั่วโมง เสร็จแล้วล้างให้สะอาด นำมาใส่กระสอบหมักไว้ 2-3 คืน (ขึ้นอยู่กับชนิดข้าวสาร) พอครบกำหนดให้ลองบีบเมล็ดข้าวดูว่าเปื่อยร่วนพอที่จะบดได้หรือยัง ถ้าเห็นว่าเปื่อยร่วนดีแล้ว หลังจากนั้นก็นำข้าวสารมาล้างให้หมดกลิ่น เมื่อหมดกลิ่นและสะอาดแล้วก็นำไปวางให้สะเด็ดน้ำประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำแป้งไปบดให้ละเอียด ปัจจุบันใช้มอเตอร์เครื่องตีแป้ง เสร็จแล้วนำแป้งที่บดแล้วไปกรองด้วยผ้ากรอง 2 ครั้ง เพื่อให้ได้แป้งที่ขาวสะอาดและละเอียด เมื่อกรองเสร็จแล้วก็นำแป้งไปตั้งพักไว้เพื่อให้แป้งตกตะกอน เมื่อเห็นว่าแป้งตกตะกอนก็เทน้ำใส ๆ ข้างบนทิ้ง แล้วนำแป้งไปบรรจุในถุงผ้าด้ายดิบบาง ๆ ห่อด้วยผ้ากระสอบอีกชั้นเพื่อไม่ให้แตก ผูกให้เรียบร้อยจะได้เป็นรูปวงกลม แล้วนำไปใส่เครื่องหนีบ โดยใช้ไม้กระดานหนาประมาณ 5 นิ้ว 2 แผ่น วางถุงแป้งไว้ตรงกลางแล้วใช้กาเหล็กหนีบไม้กระดานเข้าหากันเพื่อให้สะเด็ดน้ำใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง เมื่อดูว่าแป้งแห้งสนิทแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีขาว

ขั้นตอนที่ 2 การผสมแป้ง

นำแป้งที่แห้งแล้วไปทำให้ร่วนโดยใช้เครื่องตีแป้ง ปัจจุบันจะเป็นเครื่องปั่นมอเตอร์ เมื่อตีแป้งละเอียดดีแล้วก็ใส่น้ำตาลจากเหลว (คนใต้เรียกน้ำผึ้งจาก) หรือบางเจ้าใช้น้ำเชื่อม (น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลปี๊บมาผสมกันแล้วเคี่ยวให้ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน) ผสมแป้งกับน้ำตาลให้เข้ากัน โดยค่อย ๆ ใส่น้ำตาลผสมกับแป้งจะเป็นเนื้อเดียวกัน เส้นแป้งจะไม่ขาดจากกัน แป้งจะมีลักษณะเหนียวข้นหนืด (batter) แป้งมีสีน้ำตาลอ่อน ๆ ตามสีของน้ำตาลจาก บางคนใช้น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลมะพร้าว มีรสจะออกหวาน

ขั้นตอนที่ 3 การโรยหรือทอดลา

ในการทอดขนมลานิยมใช้กระทะใบบัวขนาดใหญ่ มีการใช้เตาถ่านหรือเตาแก๊สขึ้นกับความสะดวก ในปัจจุบันผู้ประกอบที่ผลิตขนมลาเชิงพาณิชย์ (ผลิตขายส่ง) ส่วนใหญ่ใช้เตาแก๊ส เนื่องจากสะดวกในการทำงานสามารถปรับระดับความร้อนได้ดีกว่าเตาถ่าน เมื่อเตรียมอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำกระทะตั้งบนไฟอ่อนๆ แล้วเอาน้ำมันผสมไข่แดงเช็ดกระทะ (ลามัน) ให้ทั่วแล้วนำแป้งใส่กระป๋องที่เจาะรูที่ก้นเป็นรูเล็กๆจำนวนมาก ระยะห่างกันประมาณครึ่งเซนติเมตร แล้วนำไปโรยหรือทอดลงกระทะโดยแกว่งเป็นวงกลมไปตามรูปกระทะหลายๆ ครั้งจนได้ขนาดที่ต้องการแต่ต้องไม่ให้หนาหรือบางเกินไป จากนั้นลอกขนมลาขึ้นมาจากกระทะจะทำเป็นแผ่นกลมใหญ่ หรือพับ หรือม้วนแล้วแต่ความต้องการ

มณีรัตน์ (2556) ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในการซื้อขนมลากรอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีเหตุผลในการซื้อขนมลากรอบเพื่อเป็นของฝาก มีความถี่ในการซื้อ จำนวน 1-2 ครั้งต่อปี โดยตัดสินใจซื้อด้วยตนเอง นิยมซื้อขนมลากรอบแบบม้วน และซื้อในปริมาณ 2 ถุงต่อครั้ง ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อขนมลากรอบทุกปัจจัยมีความสำคัญระดับมาก มีเพียงปัจจัยตรายี่ห้อที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักทั่วไป เพียงปัจจัยเดียวที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อระดับปานกลาง และปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อขนมลากรอบสูงสุด 8 อันดับแรกคือ ขนมมีรสชาติกลมกล่อม (หวาน มัน) ขนมสะอาด ปลอดภัย ขนมกรอบน่ารับประทาน ขนมมีปริมาณที่เหมาะสมกับราคา บรรจุภัณฑ์สะดวกต่อการบริโภค บรรจุภัณฑ์แสดงรายละเอียดวันที่ผลิต และวันหมดอายุ บรรจุภัณฑ์แสดงราคาอย่างชัดเจน และบรรจุภัณฑ์มีการออกแบบทำให้มองเห็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใน

2. ตาลโตนด

จังหวัดสงขลามีปริมาณต้นตาลโตนดมากที่สุดในประเทศไทย คือมากกว่า 3 ล้านต้น ครอบคลุมพื้นที่ 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสิงหนคร อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอระโนด อำเภอควนเนียง และอำเภอรัตภูมิ เกษตรกรที่อยู่ในท้องถิ่นส่วนใหญ่มีการนำน้ำตาลจากต้นตาลมาเพิ่มมูลค่า โดยการแปรรูปเป็นน้ำตาลสด น้ำตาลสุก น้ำส้ม น้ำตาลแว่น น้ำเมา จาวตาลเชื่อม ลอนตาล และขนมตาล ส่วนที่มักจะเกิดการสูญเสียก็คือ ลูกตาลสุก ซึ่งยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนัก ส่วนใหญ่จะปล่อยให้สุกคาต้นและหล่นเน่าเสียไป มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ได้มีการนำมายีเอาเนื้อออกเพื่อใช้ทำขนมตาล ซึ่งสามารถทำได้บางฤดูกาลเท่านั้น อีกทั้งการเตรียมเนื้อลูกตาลสุกก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ต้องใช้เวลามาก มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก และไม่สามารถเก็บเนื้อลูกตาลสุกไว้ได้นาน เนื้อตาลสุกนับว่าเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับขนมตาลอย่างยิ่ง เนื้อตาลสุกที่ยีแล้วมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน คือสามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 3-5 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น เนื่องจากมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 90 และมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นสาเหตุของการทำให้เนื้อตาลสุกเสีย ผลตาลสุกเริ่มเสื่อมคุณภาพตั้งแต่หล่นจากต้นโดยสี กลิ่น รสเปลี่ยนไป และผลตาลที่ใช้ในการทำขนมตาลนี้จะมีมากตามฤดูกาล จึงจำเป็นต้องใช้เนื้อตาลที่ถนอมไว้โดยวิธีต่างๆ กัน เช่น โดยการทำแห้งเป็นผง แต่เนื้อตาลสุกผงที่ได้มีกลิ่นลดลงมากและมีสีเหลืองซีด (นฤมล เหลืองนภา, 2533) การพาสเจอไรส์ร่วมกับการปรับความเป็นกรด-ด่าง และเติมโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในเนื้อตาลให้ขนมตาลที่มีเนื้อสัมผัสและรสชาติเปลี่ยนแปลงไป (มนัสนันท์ บุญทราพงษ์ และคณะ, 2541)

ธีรนุช ฉายศิริโชติ และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา (2014) พัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินเนื้อตาลสุก พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อตาลสุกมีผลให้ขนาดของมัฟฟินลดลง มีความแข็งและความชื้นเพิ่มขึ้น และปริมาณเนื้อลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมัฟฟินคือ ร้อยละ 23.08 มัฟฟินประกอบด้วย ความชื้น ร้อยละ 38.20 โปรตีน ร้อยละ 3.75 ไขมัน ร้อยละ 10.22 เถ้า ร้อยละ 1.75 เยื่อใย ร้อยละ1.01 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 45.07 มีพลังงานทั้งหมด 287.26 กิโลแคลลอรี่

ชไมพร เพ็งมาก และ สุธาสินี ศรีวิลัน (2556) รายงานว่าการอบแป้งลูกตาลที่ 60 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมในการแห้งแป้งตาลโตนด เมื่อนำแป้งตาลโตนดร้อยละ 10 ของปริมาณส่วนผสมแป้ง เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการทาผลิตภัณฑ์ขนมไทย เนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านความชอบรวมสูงที่สุดทุกผลิตภัณฑ์และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีคะแนนของขนมชั้น 7.73 ขนมน้ำดอกไม้ 7.95 และขนมปุยฝ้าย 7.62 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมไทยแป้งตาลโตนดทั้ง 3 ชนิด มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

1.วัตถุดิบ

1) เนื้อลูกตาลสุกที่ผ่านการยี
2) น้ำตาลโตนด
3) น้ำตาลทราย
4) แป้งมัน
5) แป้งข้าวเจ้า
6) น้ำมันพืช
7) ไข่

2. อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการวิเคราะห์

2.1 เครื่องมือวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

- เครื่องวัดสีอาหาร (Colorimeter) ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น Miniscan XE Plus, USA
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLERDO รุ่น AB204
- ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNB 400
- เครื่องย่อยโปรตีน ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA รุ่น DK6
- เตาเผา (Muffle furnace) ยี่ห้อ Corbolite รุ่น CWF110
- ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ Memert
- อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน ยี่ห้อ Gerhart รุ่น S506 AK
- เครื่องกลั่นโปรตีน ยี่ห้อ Distillation รุ่น VAP30
- ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
- Magnatic stirrer และ Magnatic bar
- เตาให้ความร้อน (Hot plate)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- โถดูดความชื้น (Desicator)
- ตู้ดูดควัน (Fume hood)

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำขนมลา

- กระทะ
- กะละมัง
- เตาแก๊ส
- กระป๋องเจาะรูสำหรับทำขนมลา
- ไม้สำหรับพับลา
- ไม้สำหรับทาน้ำมัน
- เครื่องชั่ง

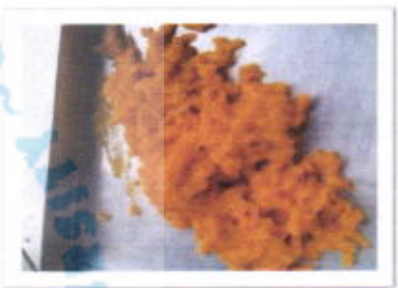
1. นำลูกตาลมาล้างทำความสะอาด

2. ปอกเปลือกสีดำออก

3. เอาดีตาลออก

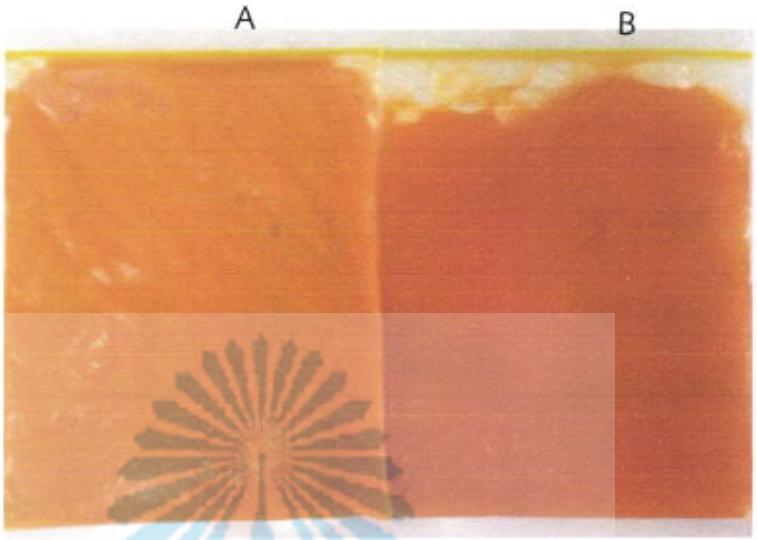
4. นำลูกตาลที่ปอกเปลือกมาถู(ยี) กับตะกร้า

5. นำเนื้อตาลมากรองเอาใยตาลออก



6. เนื้อตาลสุก

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการยีตาล



ภาพที่ 3.2 เนื้อลูกตาลสุกที่ไม่เติมน้ำตาลทราย (A) และเนื้อลูกตาลสุกที่เติมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 (B)

นำตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของเนื้อลูกตาลสุก ได้แก่ สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเนื้อลูกตาลสุก ดังนี้

1) องค์ประกอบเคมีพื้นฐาน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธี (AOAC, 1999)
2) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity: a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (AQUA-LAB CX-2 dew point device, Decagon, USA)
3) วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab
4) ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
5) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล (DNS method) โดยวิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) ตามวิธีของ Miller (Miller, 1959)
6) วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ Total Plate Count, Yeast and Mold และ Coliform bacteria โดยวิธี BAM (BAM, 2002)
7) การทดสอบทางประสาทสัมผัส นำมาตรวจสอบโดยการตรวจพินิจทาง สี และกลิ่น ใช้แบบทดสอบการให้แต้ม (Rating test)โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน
8) วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ Total phenolic content (Singleton and Rossi, 1965) Total flavonoid content (Kim et al., 2003) และ β-carotene content (Nagata and Yamashita, 1992)
9) วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลออิสระ ได้แก่ Radical scavenging activity โดยวิธี DPPH system (Hatano et al., 1988)

จัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial completely randomized design) แต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ (DMRT) Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11

4.2 การศึกษาผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณภาพของขนมลา

ในการศึกษานี้จะนำเนื้อลูกตาลสุกไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมลาเช็ดชนิดแผ่น (ลากรอบ) โดยการผลิตขนมลาที่ใช้แป้งสำเร็จรูปของกลุ่มผลิตขนมลาบ้านท้ายทะเล ตำบลการะเกด อำเภอเชียรใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีส่วนผสมและวิธีการผลิตดังอธิบายข้างล่าง

นำเนื้อตาลสุกที่ผสมกับน้ำตาลทรายแดงในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมในสูตรมาตรฐานและวิธีการผลิตลากรอบ ตามสูตรและวิธีการผลิตขนมลาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผลิตขนมลาบ้านท้ายทะเล ตำบลการะเกด อำเภอเชียรใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทดแทนปริมาณน้ำตาล (เป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากการผสมน้ำตาลจากต้นกับน้ำตาลทราย) 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 2.5 5 และ 7.5 แล้วนำขนมลาที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) <u>การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี</u>

- องค์ประกอบเคมีพื้นฐาน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธี (AOAC, 1999)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity: a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (AQUA-LAB CX-2 dew point device, Decagon, USA)

<u>2) การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ</u>

- การวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter LAB

3) <u>การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>

- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบ ตามวิธี 9 points hedonic scale โดยการประเมินความชอบต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป (Appearance) สี (Color) กลิ่นรส (Flavor) และ ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) ให้คะแนนระดับ 1-9 โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ทั้งเพศชายและหญิง ที่มีอายุระหว่าง 19-25 ปี จำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) แต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ (DMRT) Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11

ส่วนผสมในการผลิตขนมลาเช็ดชนิดกรอบ

1)	แป้งข้าวเจ้า	1	กิโลกรัม
2)	แป้งมัน	3	กิโลกรัม
3)	น้ำมัน	1	กิโลกรัม
4)	ไข่ไก่ (ไข่แดง)	2	ฟอง
5)	น้ำตาลทราย	½	กิโลกรัม
6)	น้ำตาลปี๊บ (น้ำตาลจาก)	3	กิโลกรัม
7)	น้ำสะอาด	6	กิโลกรัม

วิธีการผลิตขนมลาเช็ดชนิดกรอบ

1) การเตรียมน้ำเชื่อม (น้ำผึ้ง) นำน้ำสะอาดไปให้ความร้อนจนเดือดแล้วตักน้ำตาลปี๊บใส่ในน้ำเดือดแล้วคนให้ละลาย แล้วใส่น้ำตาลทราย เคี่ยวให้น้ำตาลละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จะได้เป็นน้ำเชื่อมซึ่งในท้องถิ่นเรียกว่า “น้ำผึ้ง”

2) การผสมแป้ง นำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันผสมให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำเชื่อม แล้วผสมจนแป้งกับน้ำเชื่อมผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (เส้นไม่ขาดสาย)

3) การทอดลา เช็ดกระทะด้วยน้ำมันพืชที่ผสมไข่แดงต้มสุก และต้องระวังอย่าให้น้ำมันเยิ้มมากเกินไป แล้วนำส่วนผสมที่เตรียมไว้ไปใส่ในพรกลา (กระป๋องลา) แล้วนำไปทอด (โรย) ในกระทะ รอให้แป้งสุกเป็นแผ่นขนมลามีสีเหลืองทอง

4) การพับลา พับขนมลาในกระทะโดยใช้ไม้ไผ่บางๆ พับเป็นแผ่น ๆ แล้วยกขึ้นจากกระทะ นำไปใส่ในภาชนะที่มีกระดาษซับมันรองไว้

5) การพักลา วางขนมลาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) จนขนมลาเย็นตัวลง และมีความกรอบ

6) การบรรจุ นำขนมลากรอบไปบรรจุไว้ในถุงไปพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ขนาดถุงละ 200 กรัม

7) นำไปเก็บในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิทและทึบแสงเพื่อใช้ไปศึกษาในขั้นถัดไป

เตรียมแป้งมัน 1.5 กก. แป้งข้าวเจ้า 0.5 กก.
น้ำตาลโตนด 0.5 กก. เนื้อตาลสุก

2. ผสมส่วนผสมทั้งหมด

3. นวดแป้งให้เข้ากันดี

4. นวดจนแป้งเหลวเป็นสายไม่ขาด

5.ทาน้ำมันชุบไขให้ทั่วกระทะ

6. นำแป้งใส่กระป๋องที่เจาะรู้แล้ว นำไปโรยโดยการวนรอบๆกระทะ

7.พับให้เป็นสี่เหลี่ยม

ภาพที่ 3.3 วิธีการทำขนมลา

4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมลา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมลา โดยเก็บรักษาขนมลาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) ในภาชนะบรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรลีน (Polypropylen : PP) ชนิดหนาสำหรับบรรจุขนม (ถุงแก้วหนา) และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นระยะเวลา 90 วัน และเก็บตัวอย่างที่เก็บรักษาในระยะเวลาวันที่ 0, 15, 30, 45 ,60 และ 90 วัน นำตัวอย่างไปวิเคราะห์การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ความชื้นโดยวิธี AOAC (2000)

2) ปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี

3) ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) โดยวิธี AOAC (1999)

4) การเกิดกลิ่นหืน (Thiobarbituric acid: TBA) โดยวิธี AOAC (2000)

5) การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบทดสอบการเกิดกลิ่นหืนทางประสาทสัมผัส แบบ Multi-sample Difference Test โดยโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน บอกระดับการเกิดกลิ่นหืน 4 ระดับ คือ 0 คะแนน หมายถึงปกติ 1 คะแนนหมายถึงไม่แน่ใจ 2 คะแนน หมายถึง หืนเล็กน้อย 3 คะแนน หมายถึง หืนมาก

6) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบ ตามวิธี 9 points hedonic scale โดยการประเมินความชอบต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (Color) กลิ่นรส (Flavor) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบรวม (Overall liking) ให้คะแนนระดับ 1 - 9 โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขต พัทลุง ทั้งเพศชายและหญิง ที่มีอายุระหว่าง 19 - 25 ปี จำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) และใช้ใช้ Split plot สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมลาในระหว่างการเก็บรักษา วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้ DMRT ซึ่งกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการทดลอง

1. ผลของการเตรียมเนื้อตาลสุกต่อสมบัติทางเคมี กายภาย จุลินทรีย์ และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อลูกตาลสุก

สมบัติทางเคมีของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 (ตารางที่ 4.1) จากการทดลองนำเอาเนื้อตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 วิเคราะห์หาค่าโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.97%, 0.15%, 76.20% , 1.09%, 21.59% และ 4.41% ตามลำดับ ส่วนเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร เท่ากับ 0.66%, 0.01%, 24.68%, 5.45%, 69.20% และ1.44% ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเนื้อลูกตาลสุกมีปริมาณของโปรตีน ไขมัน ความชื้น ใยอาหาร pH และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าที่สูงกว่าตัวอย่างของเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 โดยพบว่าเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีค่าเถ้า คาร์โบไฮเดรตและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างเนื้อลูกตาลสด จึงส่งผลให้มีค่าเถ้า คาร์โบไฮเดรตและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะมีค่าที่สูงเพราะทั้ง 3 ค่ามีความสัมพันธ์กัน โดยที่น้ำตาลจัดเป็นสารชีวโมเลกุลคาร์โบไฮเดรต ประเภทสารให้พลังงานที่มีรสหวานน้ำตาลอยู่ในรูปผลึกที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ มีลักษณะเป็นผลึกสีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลเข้ม มีความชื้นปานกลาง มีกากน้ำตาลมากจึงทำให้เถ้า คาร์โบไฮเดรตและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีค่าที่สูงกว่าตัวอย่างเนื้อลูกตาล

การทดสอบคุณภาพทางกายภาพด้านสีของตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกและตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่า L* เป็นค่าที่บงบอกถึงความสว่าง ค่า a* แสดงค่าสีเขียวและสีแดง และค่า b* คือค่าที่แสดงถึงสีน้ำเงินและสีเหลือง ในตัวอย่างลูกตาลสุก มีค่าสีที่มากกว่าตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 โดยสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีค่าสีที่ลดลงเกิดจากการเติมน้ำตาลทรายทำให้สัดส่วนของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อตาลสุกลดลง โมเลกุลของน้ำตาลเกิดการเรียงตัวชิดกันมากขึ้นส่งผลให้แสงส่องผ่านได้น้อยจึงทำให้ค่า L* a* b* ของตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีค่าสีที่ลดลง

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1

สมบัติทางเคมี	เนื้อลูกตาลสุก	เนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทราย ในอัตราส่วน1:1
โปรตีน (%)	0.97±0.04 [A a]	0.66±0.01 [b]
ไขมัน (%)	0.15±0.04 [a]	0.01±0.01 [b]
ความชื้น (%)	76.20±0.26 [a]	24.68±0.44 [b]
เถ้า (%)	1.09±0.04	5.45±0.13 [a]
คาร์โบไฮเดรต (%)	21.59±0.04	69.20±0.04 [a]
ใยอาหาร (%)	4.41±0.15 [a]	1.44±0.04 [b]
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(%)	14.95±0.11	92.80±0.32 [a]
ความเป็นกรด-ด่าง	5.94±0.03 [a]	5.68±0.04 [a]
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.98±0.01 [a]	0.88±0.01 [a]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1

ค่าสี	เนื้อลูกตาลสุก	เนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทราย ในอัตราส่วน 1:1
L*	52.05±0.29 [A a]	44.32±0.49 [b]
a*	23.76±0.12 [a]	22.28±0.14 [a]
b*	33.14±0.07 [a]	28.78±0.30 [b]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกและตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า ในตัวอย่างเนื้อตาลสุกมีจำนวนยีสต์และรามากกว่าตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 เนื่องจากผลตาลสุกจะหล่นจากต้นเมื่อสุกเต็มที่แล้วทำให้ผลตาลสุกเกิดการสัมผัสกับดินโคลน น้ำ และอากาศอีกทั้งในเนื้อตาลสุกยังมียีสต์ 4 สายพันธุ์ คือ *Candida krusei, Saccharomyces spp., Kloecula apiclata* และ *Henseniaspora spp.* โดยยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์จะมีผลทำให้ขนมขึ้นฟูได้ตามธรรมชาติ. (สมศรี ลีปิพัฒนาวิทย์, 2529) ปัจจัยดังกล่าวจึงมีผลให้ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา ที่มากกว่าตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีค่าเท่ากับ 6.1×10^{6} CFU/g และ 6.2×10^{6} CFU/g โดยที่จำนวนโคลิฟอร์มแบคที่เรียที่มีค่าเริ่มต้นสูงถึงแม้จะมีการเติมน้ำตาลทรายลงไปในตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 เพื่อทำการจับน้ำอิสระก็ไม่อาจทำการลดจำนวนโคลิฟอร์มแบคที่เรียได้โดยที่จำนวนจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียของทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่ามากกว่า 1,100 MPN/g

ตารางที่ 4.3 จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1

จำนวนจุลินทรีย์	เนื้อลูกตาลสุก	เนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลในอัตราส่วน 1:1
จุลินทรีย์ทั้งหมด	6.1×10^{6} CFU/g [A a]	5.6×10^{5} CFU/g [b]
ยีสต์และรา	6.2×10^{6} CFU/g [b]	2.9×10^{5} CFU/g [b]
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	>1,100 MPN/g [a]	>1,100 MPN/g [a]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา แนวโน้มในเรื่องความสนใจด้านสุขภาพอนามัยมีมากขึ้น รวมไปถึงกระแสในเรื่องความห่วงใยสุขภาพ การรักษาอาการเจ็บป่วย และการป้องกัน กำลังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ผู้บริโภคหลากหลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจในการนำ สมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมารับประทานหรือเพื่อใช้บำรุงรักษาสุขภาพ นอกจากนี้ยังนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ตัวอย่างการบริโภคผัก ผลไม้ ธัญพืชที่ไม่ผ่านการขัดสี และพืชสมุนไพรต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งอาหารสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยที่สารนี้จะสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคเบาหวาน เป็นต้น (สุภรัตน์, 2556) ทำให้เกิดงานค้นคว้าวิจัยหาสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผักและผลไม้ ซึ่งสารสำคัญที่อยู่ในผักและผลไม้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกัน และชะลอการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ

เนื้อลูกตาลสุกมีสีเหลือง มีกลิ่นรสหอมหวาน จึงนิยมนำไปใช้สำหรับการทำขนมจากรายงานการวิจัยหลายฉบับพบว่าเนื้อตาลสุกมีเบตาแคโรทีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง เบตาแคโรทีนเป นสารตัวหนึ่งในกลุมแคโรทีนอยด (Carotenoids) มีมากในผักและผลไมหลายชนิดโดยเฉพาะที่มีสีเขียวและเหลือง เบตาแคโรทีนนอกจากช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระแลวยังเปนสารใหวิตามินเอ โดย 6 มิลลิกรัมของ เบตาแคโรทีนจะถูกเปลี่ยนเปนวิตามินเอ 1 RE (Retinol equivalent) ในการศึกษานี้พบว่าเนื้อลูกตาลสุก และเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตายทราย1:1 ประกอบด้วยเบตาแคโรทีน 782.65 µg/100 g sample และ 356.24 µg/100 g sample ตามลำดับ การวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด โดยเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดกับสารมาตรฐานของกรดแกลลิค พบว่าเนื้อลูกตาลสุก และเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตายทราย1:1 มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดเท่ากับ 23.76 mg/g sample และ 12.18 mg /g sample ตามลำดับ รวมทั้งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH Radical scavenging 65.43% และ 42.03% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อลูกตาลสุกและเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการต้านอนุมูลิสระ (เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง)	เนื้อลูกตาลสุก	เนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1
Beta-Carotene contents (µg/g)	782.65±85.63[a]	356.24±96.49[b]
Total flavonoid content (mg/g)	32.15±0.29[a]	22.12±0.49[b]
Total phenolic contents (mg/g)	23.76±0.12[a]	12.18±0.14[a]
DPPH activity (%)	65.43±0.07[a]	42.03±0.30[b]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณภาพขนมลา

ขนมไทยไม่ได้เป็นอาหารที่มีคุณค่าเฉพาะการกินเพื่อความอร่อยเท่านั้น แต่ยังมีคุณค่าด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น คุณค่าทางประวัติศาสตร์ พิธีกรรม คุณค่าทางสังคม วัฒนธรรม และทางจิตใจ (วิภานี, 2545) การนำเนื้อตาลสุกที่ยังไม่ค่อยถูกนามาใช้ประโยชน์มาเพิ่มสีสันและกลิ่นเฉพาะตัวให้กับขนมไทยจึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาค้นคว้า โดยเฉพาะขนมไทยที่มีรสหวาน หากมีการปรุงแต่งให้เกิดสีเหลืองก็จะทาให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่ออกไป ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการเติมสีสันและกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ขนมลาซึ่งเป็นขนมพื้นถิ่นภาคใต้ ในการศึกษานี้จะนำเนื้อลูกตาลสุกไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมลาเช็ดชนิดแผ่น (ลากรอบ) โดยการผลิตขนมลาที่ใช้แป้งสำเร็จรูปของกลุ่มผลิตขนมลาบ้านท้ายทะเล ต.การะเกด อ. เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช เพื่อให้การผลิตขนมที่มีส่วนผสมของเนื้อลูกตาลสุกสามารถผลิตได้ต่อเนื่องตลอดทั้งปี ทีมนักวิจัยจึงเลือกใช้วิธีการแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการเก็บรักษาเนื้อลูกตาลสุก จากการทดสอบเบื้องต้น (Preliminary test) เมื่อนำเนื้อลูกตาลสุกทั้งแบบที่เติมและไม่เติมน้ำตาลไปแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 30 วัน โดยเติมร้อยละ 1 ตามสูตรและวิธีการผลิตขนมลาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผลิตขนมลาบ้านท้ายทะเล ตำบลการะเกด อำเภอเชียรใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าขนมลาที่ใช้เนื้อลูกตาลสุกที่ไม่ผสมน้ำตาลทรายก่อนการแช่เยือกแข็ง ส่งผลให้ขนมลามีรสขมทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบชิม ส่วนขนมลาที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายยังมีรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบชิม ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้เนื้อตาลสุกที่ผสมกับน้ำตาลทรายแดงในอัตราส่วน 1:1 ผสมในสูตรมาตรฐานและวิธีการผลิตลากรอบ โดยทดแทนปริมาณน้ำตาล (เป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากการผสมน้ำตาลจากต้นกับน้ำตาลทราย) 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 2.5 5 และ 7.5

เมื่อวิเคราะห์ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อสมบัติทางเคมีของขนมลา พบว่าถ้าหากเติมปริมาณตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกเป็น 7.5% จะส่งผลให้ความชื้น เถ้า คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าที่เพิ่มขึ้น 11.78 %, 0.76 %, 81.16 %, 0.26 % และ 0.65 % ตามลำดับ โดยจะสังเกตได้ว่าแต่ละค่าจะมีความสัมพันธ์กันจากปริมาณการใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกที่มากขึ้น เช่น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่มากขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นและคาร์โบไฮเดรต ใยอาหารจะสัมพันธ์กับค่าเถ้าแสดงดังตารางที่ 4.5 จากการวัดค่าสีในขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกในปริมาณ 0 %, 2.5 %, 5.0 % และ7.5 % ดังที่แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าค่า L* เป็นค่าบ่งบอกถึงความสว่าง และค่า b* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลืองพบว่าขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุก 7.5 % มีค่า L* และ b* มากที่สุด ส่วนค่า a* เป็นค่าที่บงบอกถึงค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุก 2.5 % มีค่ามากที่สุดเนื่องจากความร้อนทำให้ตัวอย่างเนื้อตาลสุกเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการสูญเสียรงควัตถุจึงทำให้ค่า L* a* และ b* มีค่าที่สูงขึ้น (มนัสนันท์ บุญทราพงษ์, 2544)

ตารางที่ 4.5 ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมลา

สมบัติทางเคมี	ปริมาณเนื้อลูกตาลสุก (ผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1)			
	0 %	2.5 %	5.0 %	7.5 %
โปรตีน (%)	1.65±0.01 [A c]	1.67±0.01[c]	1.55±0.03[b]	1.47±0.00[a]
ไขมัน (%)	14.84±0.14[c]	9.35±0.05[b]	10.79±0.10[b]	4.83±0.01[a]
ความชื้น (%)	3.12±0.05[a]	7.42±0.04[b]	8.39±0.02[b]	11.78±0.10[c]
เถ้า (%)	0.56±0.01[a]	0.64±0.01[b]	0.67±0.01[b]	0.76±0.01[c]
คาร์โบไฮเดรต (%)	79.83±0.05[a]	80.92±0.05[b]	78.42±0.05[a]	81.16±0.05[b]
ใยอาหาร (%)	0.24±0.01[b]	0.20±0.01[a]	0.21±0.01[a]	0.26±0.01[c]
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	4.27±0.01[c]	3.44±0.03[b]	3.38±0.01[a]	3.45±0.01[b]
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.39±0.01[a]	0.52±0.01[b]	0.56±0.01[b]	0.65±0.010[c]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อค่าสีของขนมลา

ค่าสี	ปริมาณเนื้อลูกตาลสุก (ผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1)			
	0 %	2.5 %	5.0 %	7.5 %
L*	49.49±0.08 [A b]	48.03±0.25[a]	49.73±0.25[b]	53.90±0.28[c]
a*	9.78±0.04[b]	11.05±0.09[c]	9.30±0.01[b]	8.08±0.07[a]
b*	21.26±0.08[a]	21.54±0.09[b]	21.44±0.06[b]	22.73±0.10[c]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.7 ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 ต่อสมบัติทางเคมีของขนมลาพบว่าขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มีผลทำให้องค์ประกอบที่มีอยู่ในตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกมีค่าที่ลดลง เนื่องจากน้ำตาลอาจเข้าไปทำลายโครงสร้างของโปรตีน ไขมัน และใยอาหารจึงทำให้ค่าพวกนี้ลดลงเมื่อทำการใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 ในอัตราส่วนที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 ในขนมลามีผลให้ค่าเถ้าและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่สูงขึ้นสังเกตจากการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมดังตารางที่ 4.7 ค่าความชื้นและวอเตอร์แอคติวิตี้ที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากเนื้อตาลโตนดที่มีส่วนผสมของแป้งและน้ำตาล ส่งผลให้ขนมลามีความสามารถในการดูดความชื้นกลับได้มากกว่าขนมลาที่ไม่เติมเนื้อตาลโตนด

ตารางที่ 4.7 ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อสมบัติทางเคมีของขนมลา

สมบัติทางเคมี	ปริมาณเนื้อลูกตาลสุก (ผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1)			
	0 %	2.5 %	5.0 %	7.5 %
โปรตีน (%)	1.65±0.01 [A d]	1.46±0.01 [b]	1.59±0.02 [c]	1.40±0.04 [a]
ไขมัน (%)	14.84±0.14 [c]	14.05±0.02 [b]	8.64±0.02 [a]	14.77±0.57 [c]
ความชื้น (%)	3.12±0.05 [a]	7.25±0.02 [c]	9.05±0.01 [d]	5.69±0.01 [b]
เถ้า (%)	0.56±0.01 [a]	2.85±0.02 [c]	0.72±0.02 [b]	3.99±0.01 [d]
ใยอาหาร (%)	0.24±0.01 [d]	0.20±0.01 [b]	0.21±0.01 [c]	0.18±0.01 [a]
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	4.27±0.01 [d]	3.66±0.01 [a]	3.84±0.03 [b]	4.19±0.05 [c]
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.39±0.01 [a]	0.52±0.01 [c]	0.58±0.01 [d]	3.66±0.01 [b]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการวัดค่าสีในขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุก ในปริมาณ 0 % , 2.5 % , 5.0 % และ 7.5 % ดังที่แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุก 7.5 % มีค่า L* เป็นค่าบ่งบอกถึงความสว่างและค่า b* ที่บ่งบอกถึงค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลืองมีค่ามากที่สุด โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 ที่ใส่ยิ่งใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 มากขึ้นสีของขนมลาก็จะมีค่าที่มากขึ้นตามไปด้วย ในส่วนค่า a* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าความเป็นสีเขียวและสีแดงโดยขนมลาที่ใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 0 % มีค่ามากที่สุด เนื่องจากความร้อนทำให้ตัวอย่างเนื้อตาลสุกผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1 เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสูญเสียรงควัตถุจึงทำให้ค่า L* a* และ b* มีค่าที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.8 ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อค่าสีของขนมลา

ค่าสี	ปริมาณเนื้อลูกตาลสุก (ผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1)			
	0 %	2.5 %	5.0 %	7.5 %
L*	49.49±0.08 [Ab]	47.73± 0.10 [a]	49.74± 0.40 [b]	56.82± 0.32 [c]
a*	9.78±0.04 [c]	9.40± 0.07 [b]	8.70 ±0.04 [ab]	8.11± 0.03 [a]
b*	21.26±0.08 [b]	20.55± 0.08 [a]	21.27± 0.32 [b]	23.05± 0.20 [c]

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมลา ที่มีส่วนผสมของตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยให้คะแนนชอบจากการทดสอบโดยผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน (ตารางที่ 4.9) พบว่าในอัตราส่วนการเติมตัวอย่างเนื้อลูกตาลปริมาณ 2.5 % มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุดเพราะการใส่ตัวอย่างเนื้อลูกตาลปริมาณ 2.5 % จะทำให้ขนมลามีกลิ่นรสที่หอมของเนื้อตาลโตนดและขนมลาที่ได้มีรสขมเล็กน้อย โดยรสขมเกิดจากดีตาลที่อยู่ยังแกนกลางของผลลูกตาลซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ ได้แก่ ไกลโคไซด์ซึ่งพบในพืช เมื่อทำการเพิ่มปริมาณของเนื้อลูกตาลสุกเป็น 5.0 % และ 7.5 % ขนมลาก็จะยิ่งมีรสขมมากขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทั้งนี้ยังทำให้ไม่สามารถทำการทอดลาได้เนื่องจากปริมาณเนื้อลูกตาลสุกที่มากส่งผลให้แป้งมีความหนืดมากจนแป้งไม่สามารถไหลผ่านรูของกระป๋องได้ และยังทำให้เส้นของขนมลามีลักษณะเส้นที่หนา เมื่อรับประทานจะทำให้รู้สึกว่าเส้นขนมลาเหนียว เหมือนแป้งที่ยังทอดไม่สุก

ตารางที่ 4.9 ผลของปริมาณเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมลา

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณเนื้อลูกตาลสุก (ผสมน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:1)			
	0 %	2.5 %	5.0 %	7.5 %
ลักษณะทั่วไป	6.97 ±0.06^{Ab}	7.53±0.06^{c}	6.37±0.06^{a}	6.37±0.06^{a}
สี	6.87±0.06^{b}	7.83±0.06^{c}	6.50±0.10^{a}	6.97±0.06^{b}
กลิ่นรส	6.83±0.06^{c}	7.67±0.06^{d}	6.50±0.10^{a}	6.67±0.06^{b}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.17±0.06^{b}	7.77±0.15^{c}	6.37±0.06^{a}	6.27±0.06^{a}
ความชอบรวม	7.33±0.06^{c}	7.87±0.06^{d}	6.67±0.06^{b}	6.43±0.06^{a}

[A] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

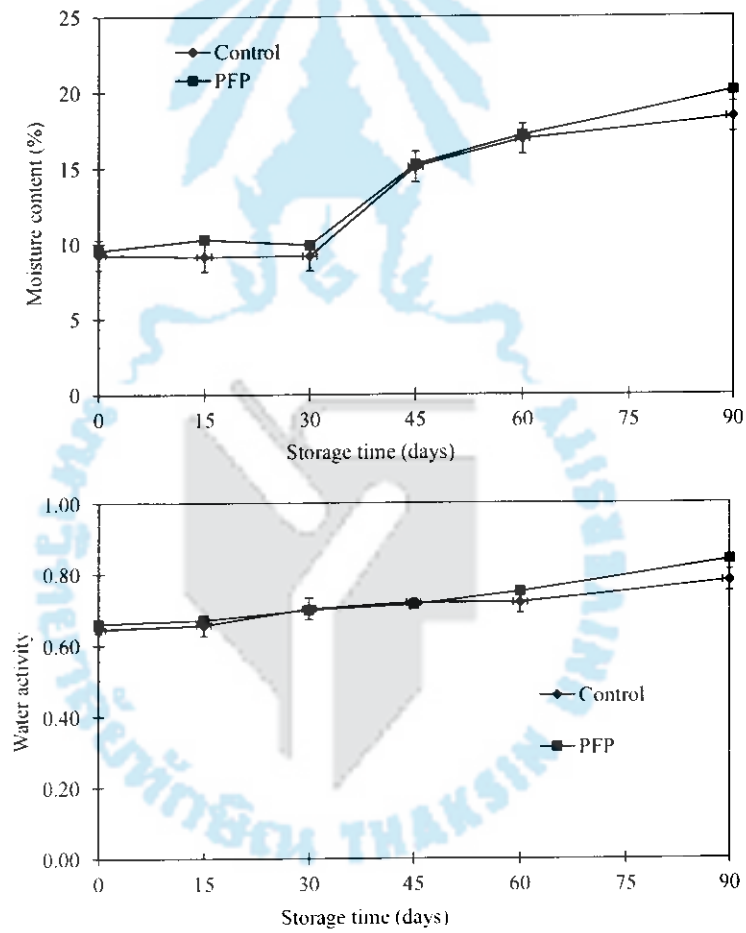
3. การศึกษาผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมลา

ดำเนินการศึกษาผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมลา โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างขนมลาที่ไม่มีส่วนผสมของเนื้อลูกตาลสุก และขนมลาที่มีส่วนผสมของเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 2.5 นำขนมลาไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรลีน (Polypropylen: PP) ชนิดหนาสำหรับบรรจุขนม (ถุงแก้วหนา) และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่ เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยวิเคราะห์ในวันที่ 0 15 30 45 60 และ 90 วัน มีผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.1 - 4.3

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในระหว่างการเก็บรักษาขนมลา โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมลาทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p<0.05$) โดยมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แต่อย่างไรก็ตามขนมลาทั้ง 2 ตัวอย่างมีปริมาณความชื้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพของขนมลาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.712/2547) เล็กน้อย ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ว่าขนมลาควรมีความชื้นไม่เกิน 7 % แต่ขนมลาจากการทดลองนี้มีความชื้น 9.25 % และ 9.55 % เมื่อเก็บรักษาขนมลาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 18.32 % และ 20.10 % ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่าเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ขนมลาที่เท่ากับ 0.64 และ 0.66 ปริมาณน้ำในอาหารมีอิทธิพลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาอาหาร น้ำอิสระ (วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้) เป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอาหาร อาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้างแต่แรงเกาะไม่แข็งแรงมากนัก มีคุณสมบัติเหมือนน้ำปกติ สามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์สามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ได้ อาหารต่างชนิดกัน มีความชื้นเท่ากันจึงไม่จำเป็นว่าจะต้องมีน้ำอิสระเท่ากัน ถ้าอาหารมีน้ำอิสระมากจะเสียได้ง่ายเนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ การทราบปริมาณอิสระในอาหารจึงมีความจำเป็นมากในการที่จะคาดเดาได้ว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญได้หรือไม่ ในผลิตภัณฑ์อาหารค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จะแตกต่างจากปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นเป็นความชื้นรวม ได้แก่ปริมาณน้ำที่ถูกยึดติดบวกกับปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในอาหาร ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นค่าเฉพาะบ่งบอกถึงความชื้นอิสระที่วัดได้ อาหารชื้นมีแนวโน้มที่จะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ สูงกว่าอาหารแห้ง แต่ไม่ได้จริงเสมอไป บางครั้งอาหารหลากชนิดมีปริมาณความชื้นเท่ากันทั้งหมดทุกตัวอย่าง แต่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ กลับแตกต่างกัน อาหารแห้งหรืออาหารความชื้นต่ำที่มีอยู่ทั่วไป มีความชื้นน้อยกว่า 25 % และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ระหว่าง 0.0 -0.60 ผลิตภัณฑ์พวกนี้เก็บไว้ได้นานและไม่เสียตราบใดที่รักษาความชื้นให้ต่ำไว้ อาหารที่ควบคุมค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อีกประเภทหนึ่งคือพวกที่มีความชื้นระหว่าง 15-50% และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระหว่าง 0.60 - 0.85 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร เพราะปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการเน่าเสีย ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดต่ำลง จึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่อผลิตภัณฑ์ มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.6 หรือต่ำกว่า จุลินทรีย์ประเภทราจะหยุดการเจริญ เมื่อมีค่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.7 หรือต่ำกว่า และยีสต์จะเริ่มเจริญได้เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อยู่ในช่วง 0.7 - 0.8 ส่วนแบคทีเรียจะเริ่มเจริญเมื่อ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่ามากกว่า 0.8 (Rahman and Labuza, 1999)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมลาชนิดแผ่นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ยังมีความชื้นในระดับต่ำ แต่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับอาหารกึ่งแห้ง จึงส่งผลอาหารประเภทนี้สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และอาจจะทำให้มีการเจริญของเชื้อยีสต์และราได้ ดังนั้นควรมีการพัฒนาขนมลาให้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ที่ต่ำกว่า 0.6 เพื่อทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ผลิตภัณฑ์ขนมลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณน้ำน้อย เมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการละลายของตัวถูกละลายได้ น้ำจะถูกจับอยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ต่ำนั้นดูดซับความชื้นจากอากาศได้มากจึงทำให้ความชื้นในอากาศนั้นเข้าไปในตัวผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น มีเชื้อรา เกิดการเหม็นหืน และเนื้อสัมผัสเหนียว ดังแสดงในผลการทดลองในข้อถัดไป



ภาพที่ 4.1 ผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรลีน และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน

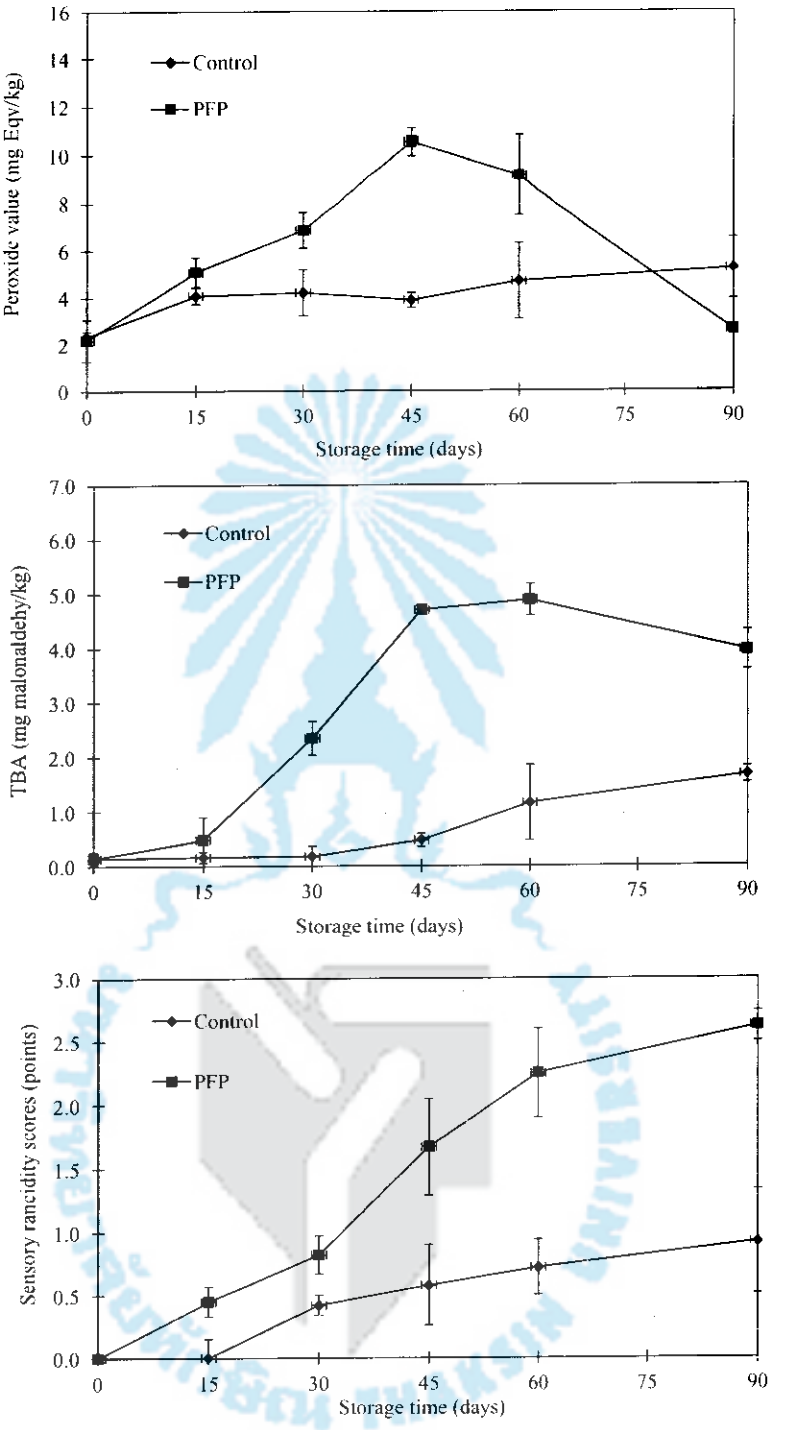
การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อคุณภาพของอาหารทอดคือการเกิดกลิ่นหืนที่เกิด เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการติดตามการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาดังกล่าว สามารถประเมินได จากหลายๆ วิธีการ เช่น การวัดค่าเพอรออกไซด์ (Peroxide value: PV) การวัดค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริก (Thiobarbituric acid value: TBA) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่เพียงส่งผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารทอดเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารทอดด้วย (Jaswir et al., 2000) การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเดชันของไขมัน TBA เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์คำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ และใช้เป็นดัชนีชี้ วัดความเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนการวิเคราะห์ค่า PV เป็นการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเดชันของไขมันอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเพอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ตัวแรกของการ เกิดปฏิกิริยา auto-oxidation (นิธิยา, 2553) ขนมลามีกลิ่นที่ผิดปกติ ซึ่งเกิดจากกรดไขมันอิสระที่เป็นกรดไขมันที่มีสายสั้น (short chain fatty acid) เป็นสารมีกลิ่นและเมื่อหลุดออกมา เป็นโมเลกุลอิสระทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในอาหาร และ กรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิปิด (lipid oxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ทำให้การเหม็นหืนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว (Reische et al. 1998)

ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจึงเป็นปฏิกิริยาหนึ่งที่สำคัญต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นมลา ศึกษาการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) ในภาชนะบรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรลีนชนิดหนาสำหรับบรรจุขนม (ถุงแก้วหนา) และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน วิเคราะห์การเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์ค่า PV และ TBA รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบการดมกลิ่น ใช้วิธีการทดสอบแบบ Multi-sample Difference Test จากการศึกษาพบว่าค่า PV TBA และค่าคะแนนการเกิดกลิ่นหืนของขนมลาทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ขนมลาที่มีส่วนผสมของตาลโตนด มีค่า PV และ TBA สูงกว่าผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ชุดควบคุม ค่า PV ของขนมลาทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาจนถึง 45 วัน และหลังจากนั้นค่า PV ของขนมลาตาลโตนดมีค่าลดลง เมื่อวิเคราะห์ค่า PV ที่ระยะเวลา 60 และ 90 วัน ค่า PV ลดลงอาจจะเนื่องมาจากการที่สารเพอร์ออกไซด์เป็นสารที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันในขั้นต้น (Primary oxidized product) ซึ่งไม่มีความเสถียร สามารถแตกตัวเป็นสารอื่น ๆ ได้ เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน เป็นต้น (นิธิยา, 2553) นอกจากนี้เนื้อลูกตาลสุกอาจจะมีส่วนผสมบางอย่างที่ทำหน้าที่เป็นสารที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน จึงส่งผลให้ขนมลาที่เติมเนื้อตาลสุกมีค่า PV และ TBA สูงกว่าขนมลาที่ไม่ได้เติมเนื้อตาลสุก

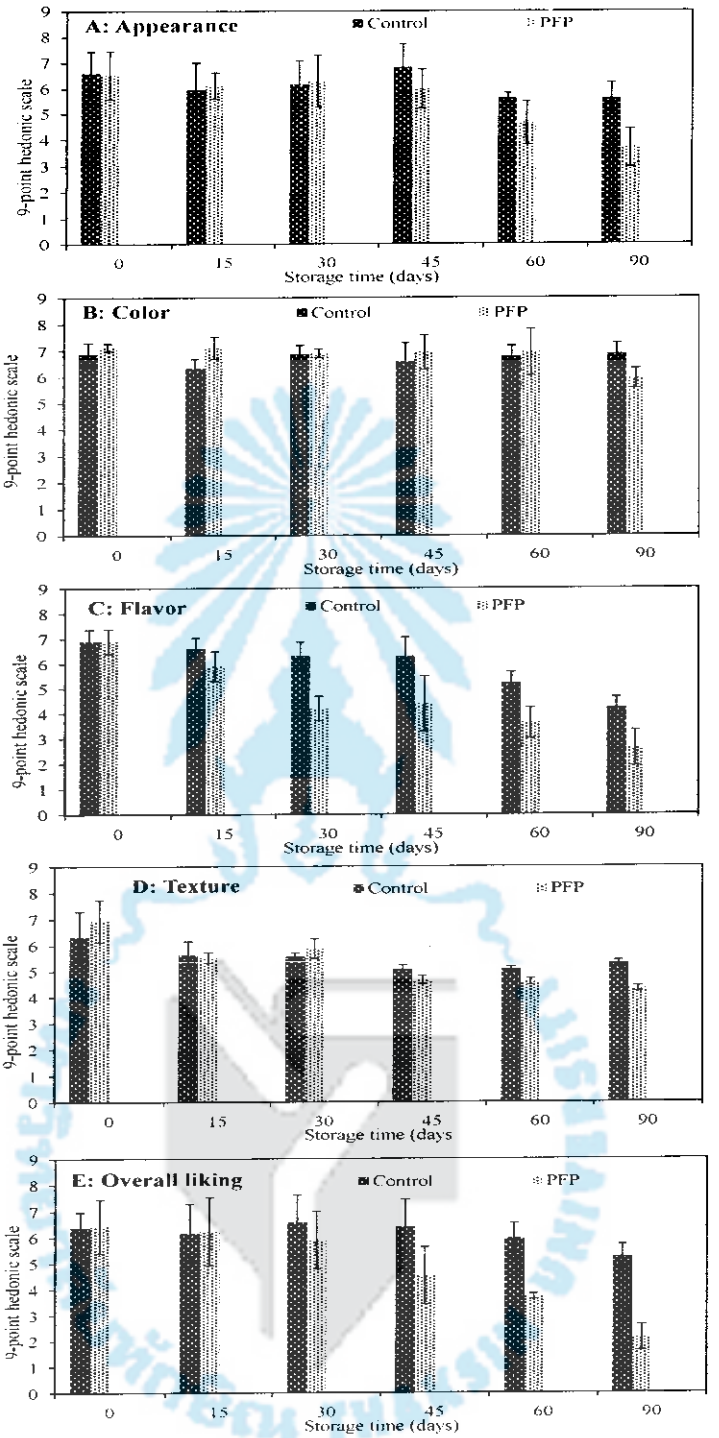
จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมลาพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการเกิดกลิ่นหืนเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง ($p<0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้คะแนนบอกระดับการเกิดกลิ่นหืนเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์ที่เสริมเนื้อลูกตาลสุกและ ที่ผ่านการเก็บรักษาในวันที่ 30 เท่ากับ 2.0 คะแนน ส่วนขนมลาชุดควบคุม ยังคงมีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนอยู่ในดับไม่แน่ใจคือค่าคะแนนไม่เกิน 2.0 เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาไปเป็น 90 วัน พบว่าขนมลาทั้ง 2 ชนิดมีการเกิดกลิ่นหืน แต่ขนมลาที่เสริมเนื้อลูกตาลมีการเกิดกลิ่นหืนสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งให้ผลการทดลองข้างต้นเป็นไปแนวทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ค่า PV และ TBA ผู้ทดสอบรับรู้การเกิดกลิ่นหืนได้จากสารประกอบให้กลิ่นที่ระเหยได้คือแอลดีไฮด์ คีโตน ไฮโดรคาร์บอน กรดคาร์บอกซิลิก และแอลกอฮอล์ (นิธิยา,

2553) การเกิดกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้นเนื่องจาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้อาหารเกิดกลิ่นและรสชาติผิดไป (Sacharow and Griffin, 1980)

การศึกษาผลของน้ำมันทอดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลา ดังแสดงในภาพที่ 4.3 โดยทดสอบความชอบ ตามวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ (apperarace) สี (color) กลิ่นรส (flavor) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) และความชอบรวม (overall liking) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาขนมลาวัน 90 วัน เมื่อนำมาให้ผู้ทดคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ พบว่าในระยะ 30 วันแรกขนมลาทั้ง 2 ตัวอย่างยังมีคุณภาพไม่แตกต่างกัน การศึกษานี้พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทก็ยังคงมีการซึมผ่านของไอน้ำ และความชื้นในอากาศได้ ส่งผลให้ขนมลามีลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงคือมีความเหนียวเพิ่มขึ้น จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเติมลูกตาลสุกในผลิตภัณฑ์ขนมลา ส่งผลให้ขนมลาสามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 30 วัน



ภาพที่ 4.2 ผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรลีน และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน



ภาพที่ 4.3 ผลของเนื้อลูกตาลสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมลา ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรลีน และห่อด้วยถุงดำเพื่อกันแสง และใส่ไว้ในกล่องบรรจุอาหารขนาดใหญ่เป็นเวลา 90 วัน โดยทดสอบความชอบ ตามวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) กลิ่นรส (flavor) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) และความชอบรวม (overall liking)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกมีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และใยอาหาร ร้อยละ 0.97, 0.15, 76.20 และ 4.41 ตามลำดับ เมื่อเติมน้ำตาลทรายในเนื้อลูกตาลสุกในอัตราส่วน 1:1 พบว่าเนื้อลูกตาลที่ผสมน้ำตาลทรายมีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมน้ำตาลทรายในเนื้อตาลสุกยังส่งผลให้ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์กับรามีค่าลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่เนื้อลูกตาลสุกทั้ง 2 ตัวอย่าง ยังคงมีจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงกว่า 1100 MPN/g เมื่อวัดค่าสีพบว่าการเติมน้ำตาลทรายส่งผลให้ค่าความสว่าง และค่าสีเหลือง ของเนื้อตาลสุกลดลง แต่จากการสังเกตพบว่าเนื้อลูกตาลสุกมีความเป็นสีส้มและมีความมันวาวมากกว่าเนื้อลูกตาลที่ไม่มีการเติมน้ำตาลทราย

2. การเติมเนื้อลูกตาลสุกในขนมลาส่งผลให้ขนมลามีค่าสีเหลือง ความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$) ซึ่งอาจจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของขนมลาในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลูกตาลสุกส่งผลให้ขนมลามีสีสันที่สวยงามและมีกลิ่นรสของเนื้อลูกตาลสุก แต่อย่างไรก็ตามหากใช้เนื้อตาลสุกในปริมาณสูงตั้งแต่ร้อยละ 5 ส่งผลให้ขนมลามีเส้นหนา มีความเหนียว และมีรสขม ขนมลาที่ใส่เนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบสูงสุด ดังนั้นการนำเอาเนื้อลูกตาลสุกมาใช้เป็นส่วนผสมในขนมลา ควรจะใช้เนื้อลูกตาลสุกในปริมาณที่เหมาะสม ถ้าหากใส่ในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลา

3. เมื่อศึกษาผลของเนื้อลูกตาลสุกต่ออายุการเก็บรักษาของขนมลาพบว่า เนื้อลูกตาลสุกส่งผลให้ขนมลามีอายุการเก็บเพียง 1 เดือน ซึ่งเกิดกลิ่นหืนไดเร็วกว่าขนมลาที่ไม่ใช้เนื้อลูกตาลสุกเป็นส่วนผสม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลา โดยการใช้เทคโนโลยีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับการใช้สารกันหืนจากธรรมชาติจากพืชชนิด ซึ่งอาจจะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการตลาดได้อย่างเหมาะสมต่อไป

2. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของมูลค่าของขนมลาที่มีผลต่อสภาวะทางเศรษฐกิจของชุมชนที่ผลิตขนมลา เพื่อเป็นรายได้หลักของชุม ได้แก่ ชุมชนหอยราก (บ้านศรีสมบูรณ์) ตำบลหูล่อง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของประวัติความเป็นมาของขนมลา และความเกี่ยวเนื่องกันกับวัฒนธรรมของชุมชนในภาคใต้ และส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติกำแพงแสน.

ชไมพร เพ็งมาก และ สุธาสินี ศรีวิไล. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งตาลโตนด. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร (ฉบับพิเศษ): 93-105.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา. 2014. การพัฒนามัฟฟินเนื้อตาลสุกผสมลูกตาล. SDU Res. J. 7(1): 57-70.

นูรีดาน ดอแล. 2551. เบต้า แคโรทีน พืชผักสีเหลือง. โปรแกรมวิชา ชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. มหาชนก. [Onlone]. Available: http://thaihealth.or.th/healthcontent/article/6617 (27 กันยายน 2557).

นฤมล เหลืองนภา. 2533. การผลิตและการใช้เนื้อลูกตาลสุกผงในขนมไทยบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทธิรา เลิศปฤงคพ. 2550. การเก็บรักษาเนื้อตาลสุกโดยการลดค่า Aw ร่วมกับการแช่แข็งเพื่อใช้ในการทำขนมตาล. วารสารวิจัยและฝึกอบรม มทร. 11-19.

มผช. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมลา. มผช.๗๑๒/๒๕๔๗.

มณีรัตน์ รัตนพันธ์. 2556. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อขนมลากรอบ: กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา. *ใน* การประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4, สงขลา.

มนัสนันท์ บุญทราพงษ์. 2544. การพัฒนาแป้งข้าวเจ้าและส่วนผสมสำเร็จรูปในการผลิตขนมตาลเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนัสนันท์ บุญทราพงษ์, กมลวรรณ แจ้งชัด อนุวัตร แจ้งชัด และ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2541. การศึกษาคุณภาพของเนื้อตาลสุกและขนมตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลสุกผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชั่น. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุษาวดี ชนสุต และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของเอนไซม์ พอลีฟีนอลออกซิเดสของผลมะเขือ 16 สายพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 37(5): 15-18

AOAC. 1999. Official Method of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

AOCS. 2004. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign: American Oil Chemists' Society.

BAM. 2002. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 8th edition Revision A, Published and distributed by AOAC International, USA.

Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T. and Okuda, T. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 36, 2090-2097.

Kim, D. O., Jeong, S.W. and Lee, C. Y. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. Food Chem. 81: 321-326.

Miller G.L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugars. Anal Chem V. 31: 426-429.

Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and caroteniods in tomato fruit. J. Japan Soc. Food Sci. Technol. 39: 925-928.

Oyaizu, M. 1996. Studies on products of browning reaction-Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucoamine. Japanese Journal of Nutrition. 44: 307-315.

Robards, K., P.D. Prenzler, G. Tucker, T. Swatsitang and W. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food. Chem. 66: 401-436.

Singleton, Y. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungestic acid reagent. American Journal of Oenology and Viticulture. 16: 144-158.

Steel, R. G.D., and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach (2nd ed.). NY, USA: McGraw-Hill, p. 633.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เตาไฟฟ้า
3. เตาเผา (muffle furnace)
4. ถ้วยสำหรับเผาเถ้า (porcelaindish)
5. โถดูดความชื้น (dessicator)

วิธีการ

1. นำถ้วยเปล่าอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เอาออกใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่างใส่ลงในถ้วยที่ทราบน้ำหนักแล้วประมาณ 2 กรัม นำไปทำการเผาบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน

3. นำตัวอย่างงที่เผาไล่ควัน แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วปิดสวิทซ์เตาเผา เปิดฝาออกจนอุณหภูมิภายในเตาลดเหลือประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันมิให้ถ้วยสัมผัสอากาศเย็นกะทันหัน ซึ่งอาจทำให้ถ้วยแตกได้

4. นำถ้วยออกมาใส่โถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

%เถ้า = (น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา ÷ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) × 100

ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter, OM) คำนวณได้จากผลต่างระหว่างน้ำหนักตัวอย่างกับ
น้ำหนักเถ้า ดังนี้

%OM = 100 - (%ความชื้น) - (%เถ้า)

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วย เตาย่อย (Digestion block) และเครื่องดักจับไอกรด (Scrubber)
2. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. บิวเรตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตร และขาตั้ง (Stand)
4. หลอดย่อยโปรตีน (Distillation tube)
5. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (Distillation)
6. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1
7. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดบอริกที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 4 (ต้มน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้ร้อนเติมกรดบอริก 4 กรัม ต้มจนละลายหมด ทิ้งให้เย็น แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร)
2. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน1:10
3. อินดิเคเตอร์ (Indicator) เป็นสารผสมระหว่างเมทิลเรด เมทิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน
4. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 40
6. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ลงบนกระดาษกรอง พับและใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน (Distillation tube) ขนาด 250 มิลลิลิตร และทำแบลงค์ด้วย
2. เติมสารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ปริมาณ 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เพื่อให้อาหารเปียกทั่วกัน
4. วางหลอดย่อยในเตาย่อยสาร (Digestion block) แล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบขวดใส่ด่าง และเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย
5. เปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อย แล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนกระทั่งได้สารละลายใส
6. นำตัวอย่างออกจากเตาย่อย ปล่อยทิ้งไว้จนเย็น ในระหว่างรอตัวอย่างให้เย็น ชุดดักจับไอกรดยังเปิดทำงานอยู่ เพื่อดูดหรือดักจับไอกรดที่มีอยู่ในหลอดให้หมด
7. เมื่อตัวอย่างเย็นและไอกรดหมดแล้ว นำไปทำการกลั่นต่อไป

ขั้นตอนการกลั่นและการไตรเตรท

8. ก่อนทำการกลั่นทำการล้างและอุ่นเครื่องกลั่นโปรตีนอัตโนมัติโดยเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และใช้ขวดรูปชมพู่เปล่ารองรับ เปิด steam กลั่นเป็นเวลาประมาณ 5 นาที นำฟลาสค์ออกจากเครื่องกลั่น

9. ทำการกลั่นตัวอย่าง โดยเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยโปรตีน

10. นำขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และหยดสารผสมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ไปตั้งไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายสายยางจุ่มใต้สารละลาย

11. ใส่หลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วจากข้อ 7 เข้ากับเครื่องกลั่น แล้วทำการกลั่นโดยใช้เวลาประมาณ 3 นาที เมื่อครบเวลานำขวดรูปชมพู่รองรับไปไตรเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ (end point) โดยสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

$$= [(A \times B) \times N \times 14.007 \times 100] \div \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}$$

ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละ = ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) × 6.25

เมื่อ A = ปริมาณกรดที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตรเตรทกับ blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือ (นอร์มัล)

F = แฟกเตอร์อาหารอื่นๆ เท่ากับ 6.25

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (Electric oven)
2. โถดูดความชื้น (desiccators)
3. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture Can)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

สารเคมี –

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง

4. อบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

ปริมาณความชื้น

= [ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (g) × 100] ÷ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (g)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

อุปกรณ์

1. ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดก้นกลม (สำหรับใส่ตัวทำละลาย) ซอคเลต อุปกรณ์ควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น

สารเคมี

ปิโตรเลียม อีเทอร์ หรือเฮกเซน (petroleum ether หรือ hexane)

วิธีการ

1. อบขวดก้นกลมสำหรับหาปริมาณไขมันในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 g ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 g ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้ตัวทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต
4. เติมสารละลายเฮกเซน ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตา
5. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น และเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน
6. ใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อน ให้หยดของสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
7. เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดออกจากตัวอย่างใส่ซอคเลต ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจากซอคเลตลงในขวดก้นกลมจนหมด
8. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ
9. นำขวดหาไขมันอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความร้อน
10. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดต่อกัน 2 ครั้ง ไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก = (น้ำหนักไขมันหลังอบ ÷ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) × 100

การวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. กระบอกตวง ขนาด 50 มล.
3. บิวเรตต์ขนาด 25 มล.

สารเคมี

1. เอธิลแอลกอฮอล์ 95%
2. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์) หรือสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่น ความเข้มข้น 0.1 N เก็บสารละลายด่างในขวดแก้ว ก่อนใช้ให้ทำการหาความเข้มข้นมาตรฐานที่แน่นอนโดยการทำโพแทสเซียมแอซิดพาทาเลท ใส่กระจกนาฬิกาไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน1-2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักให้ได้แน่นอน 0.8 กรัม (สำหรับความเข้มข้น 0.1 N) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอเนต 25 มล.ทำซ้ำ 3 ขวด แล้วไตเตรทกับสารละลายด่างข้างต้น โดยมีฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณความเข้มข้นด่าง จากสูตร

ความเข้มข้นของสารละลายด่าง

= น้ำหนักโปแทสเซียมแอซิดพาทาเลท (g) ÷ [ปริมาตรสารละลายด่างที่ใช้ (ml) × 0.2042]

สมมูลของโปแทสเซียมแอซิดพาทาเลท = 204.216

3. สารละลายฟีนอฟทาลีนอินดิเคเตอร์ เข้มข้นร้อยละ 1 ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 %

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. เตรียมสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกลางโดยการเติมฟีนอฟทาลีน 5 หยดและปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 N (ข้อ 3) หยดด่างทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าหรือกวน จนได้สารละลายแอลกอฮอล์เป็นสีชมพูอ่อนถาวร
3. เติมเอธิลแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง (ข้อ 2) 50 มล.ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงในตัวอย่างละลายในแอลกอฮอล์ ถ้าละลายไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 60-65 องศาเซลเซียส
4. หยดสารละลายฟีนอฟทาลีนประมาณ 4-5 หยด
5. ไตเตรทกับสารละลายตัวอย่างด้วยโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ขณะไตเตรทต้องเขย่าอย่างแรงจนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูคงที่อยู่ประมาณ 1 นาที

การคำนวณ

ค่ากรด = [ปริมาตรด่างที่ใช้ (ml) × คามเข้มข้นด่าง (ml) × 56.1] ÷ น้ำหนักตัวอย่าง (g)

กรดไขมันอิสระ = [ปริมาตรด่างที่ใช้ (ml) × คามเข้มข้นด่าง (ml) × 28.2] ÷ น้ำหนักตัวอย่าง (g)

การวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. บิวเรตต์ขนาด 10 มล.
3. ปิเปตขนาด 5 มล.

สารเคมี

1. สารละลายผสมแอซิติกกับคลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 3:2
2. สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)

สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ปริมาณมากเกินพอในน้ำกลั่นต้มใหม่ เก็บในที่มืดและทดสอบก่อนใช้ ดดยนำมา 1 มล. แล้วเติมสารละลายผสมกรดแอซิติก-คลอโรฟอร์ม 3:2 ปริมาณ 25-30 มล.แล้วหยดน้ำแป้งลงปัย 2-3 หยด

3. น้ำแป้ง เข้มข้นร้อยละ 1 เตรียมโดย ละลายแป้ง 1 กรัมในน้ำเล็กน้อย แล้วเติมน้ำที่ต้มเดือดจนครบ100 มล. ต้มต่อไปจนเดือด

4. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต เข้มข้น 0.01 N

การเตรียมที่ระดับความเข้มข้น 0.1 Nโดยชั่งโซเดียมไทโอซัลเฟต ประมาณ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้เดือดเบาๆ 5 นาที แล้วถ่ายลงในขวดเก็บสีชาขณะร้อน เก็บละลายในที่มืดและเย็น อย่าเทสารที่ใช้แล้วกลับลงในขวดเก็บ

หาความเข้มข้นมาตรฐาน โดยอบสารโปแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เออาร์เกรดที่อุณหภูมิ 100 องสาเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอนใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวดๆละ 0.1 กรัม (สำหรับความเข้มข้น 0.1 N) แตจ่ละขวดเติมน้ำกลั่นที่ปราสจากคลอรีนประมาณ 80 มล. ที่มีโปแทสเซียมไอโอไดด์ 2 กรัม และเติมสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 1N ปริมาร 20 มล. ตั้งทิ้งไว้ที่มืดทันทีเป็นเวลา 10 นาที แล้วไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตข้างต้นโดยใช้น้ำแป้งเข้มข้น 1% เป็นอินดิเคเตอร์(เติมน้ำแป้งเมื่อปฏิกิริยาใกล้ถึงจุดยุติและจุดยุติเป็นจุดที่มีสีน้ำเงินหมดไป)

คำนวณความเข้มข้น จากสูตร

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (N)

= น้ำหนักโปแทสเซียมไดโครเมต (g) ÷ [ปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (ml) × 0.0490]

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. เติมสารละลายแอซิติก-คลอโรฟอร์ม 25 มล. เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายอิ่มตัวโปแทสเซียมไอโอไดด์ 1 มล.ปิดจุกพร้อมเขย่านาน 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มด 5 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร

5. ไตเตรทหาปริมาณไอโอดีนที่ถูกขับออกมาด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต เขย่าอย่างแรงจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 0.5 มล. แล้วไตเตรทต่อไปจนสีน้ำเงินหมด

6. เตรียมและไตเตรทแบลงก์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลของค่าเปอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง)

$$= [(a \times b) \times N \times 1000] \div W$$

เมื่อ a = ปริมาตร (มล.) ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

b = ปริมาตร (มล.) ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทกับแบลงก์

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มาล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ค่าการเกิดกลิ่นหืน TBA

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น (flask, condenser, receiver)
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. Spectrophotometer

สารเคมี

1. 4N Hydrochloric acid
2. Antifoam
3. Thiobarbituric acid reageng ละลาย 0.2883 g ใน 100 มล. ของ90% glacial acetic acid

วิธีการทดลอง

1. ปั่นตัวอย่าง 10 กรัม กับน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดกลั่น ใช้น้ำ 47.5 มล. ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทใส่ขวด
2. เติม 2.5 มล. 4N HCL (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้ว และ antifoam
3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มล. ภายใน 10 นาที
4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มล. ลงในหลอดทดสอบที่มีจุกปิด
5. เติม 5 มล. TBA reagent เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
6. ทำ blank โดยวิธีเดียวกัน โดยใช้ 5 มล. ของน้ำให้ความร้อน 35 นาที
7. ทำตัวอย่างและ blank ให้เย็นแล้ววัดค่า OD ที่532 nm

การคำนวณ

TBA value (mg malonaldehyde/kg sample) = 7.8 × a

(a=absorbance of sampleที่หักค่า blank แล้ว)

หมายเหตุ ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดจึงจะใช้ค่า 7.8 เป็น factor ได้

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก (Total flavonoid content)

อุปกรณ์

1. ขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. กระดาษกรอง
4. กรวยแก้ว
5. บีกเกอร์
6. หลอดทดลอง ขนาด 10 มิลลิลิตร
7. ปิเปต
8. เครื่องชั่ง
9. เครื่องผสม
10. เครื่องเขย่าไฟฟ้า
11. เครื่อง UV/Vis spectrophotometer

สารเคมี

1. เอทานอล70%
2. Folin-Ciocalteu
3.โ ซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.566 โมลาร์

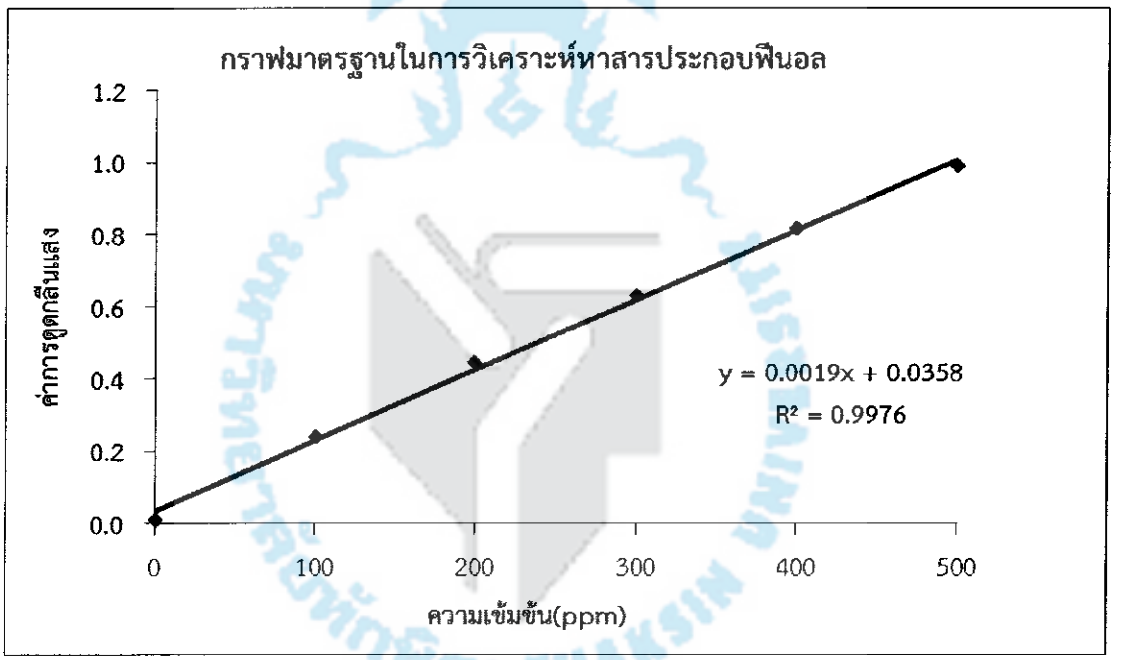
วิธีการ

นำตัวอย่าง จำนวน 2.5 กรัม มาสกัดด้วยเอทานอล70% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำของผสมแล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรอง เอาส่วนสารสกัดไปหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้วิธีการของ Singleton และ Rossi (1965) โดยนำสารสกัดมา 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteuปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.566 โมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 90 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่725 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย furulic acid

กราฟมาตรฐาน

ตารางผนวกที่ 2 ค่า OD แต่ละความเข้มข้นของ สารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด

ความเข้มข้น (ppm)	ค่า ABS
0	0.011
100	0.240
200	0.443
300	0.631
400	0.818
500	0.989



ภาพผนวกที่ 10 กราฟมาตรฐานความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลลิก

การวิเคราะห์ Radical scavenging activity โดยวิธี DPPH system

อุปกรณ์

1. ขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. กระดาษกรอง
4. กรวยแก้ว
5. บีกเกอร์
6. หลอดทดลอง ขนาด 10 มิลลิลิตร
7. ปิเปต
8. เครื่องชั่ง
9. เครื่องผสม
10. เครื่องเขย่าไฟฟ้า
11. เครื่อง UV/Vis spectrophotometer

สารเคมี

1. เมทานอล
2. เอทานอล70%
3. DPPH (2, 3-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 6×10^{-5} โมลาร์

วิธีการ

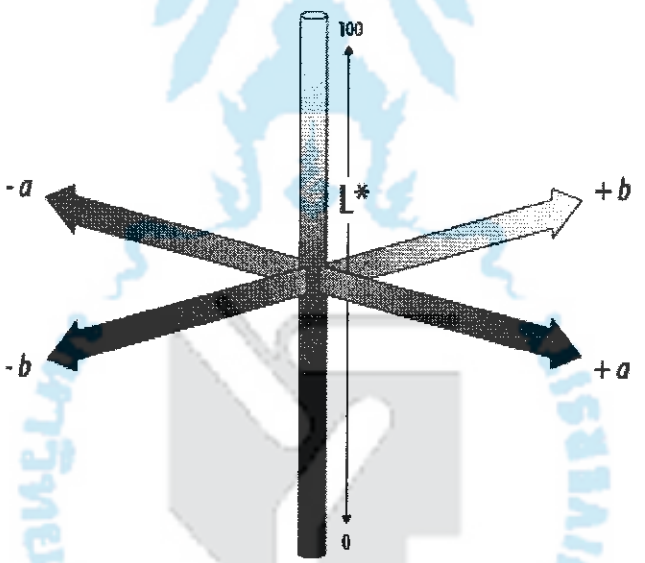
นำตัวอย่าง จำนวน 2.5 กรัม มาสกัดด้วยเอทานอล70% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำของผสมแล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรอง เอาส่วนสารสกัดไปหาค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันในรูปของ radical scavenging activity ใช้หลักการวัดค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่เปลี่ยนแปลงไป (Hatanoและคณะ, 1988) โดยนำสารสกัดความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH (2,3-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 6×10^{-5} โมลาร์ในสารละลายเมทานอล ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างและ blank ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer

การคำนวณ

$$\text{DPPH – scavenging activity (\%)} = [(OD_{517\text{ชุดควบคุม}} - OD_{517\text{ตัวอย่าง}}) \div OD_{517\text{ชุดควบคุม}}] \times 100$$

การวัดสี

การวัดสีระบบ Hunter Lab โดยเครื่องวัดสี Minolta Camera การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera ในระบบ Hunter Lab จะให้ค่าสี L*เป็นค่าความสว่าง (Lightness) ค่าสี a* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว(Redness/Greeness) และค่าสี b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) โดยที่ ค่าสี L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณีถ้า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมืด (darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึง สว่าง (lightness) ค่าสี a* คือ แสดงความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) กรณีถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีแดง และกรณี ถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว ค่าสี b* คือ แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) กรณีถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง และกรณี ถ้า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน



ภาพผนวกที่ 11 ทิศทางค่าสี hunter lab L* a* b*
ที่มา: PRINTING TECHNOLOGY (2556)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องวัดสี (Minolta Camera ; Chroma Meter : CR-310, Japan)

วิธีการ

ก่อนการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่องด้วยแผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; L* = 97.67, a* = -0.18, b* = +1.84) แล้วจึงทำการวัดสีตัวอย่าง

การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ด้วยเครื่องวัด Water Activity Meter (a_w)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตลับพลาสติก (a_w box)

2. เครื่องวิเคราะห์วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity Meter ; Aqualab, CX3TE, USA)

วิธีการ

เปิดเครื่องและอุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที ก่อน ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง บรรจุตัวอย่างลงไปในตลับพลาสติก (a_w box) ที่สะอาด โดยไม่เกินครึ่งของตลับพลาสติก (a_w box) ดึงลิ้นชักของเครื่องออกมาจากตัวเครื่องจากตำแหน่ง open/load และทำการใส่ตลับพลาสติก (a_w box) ลงไป ดันลิ้นชักเข้าไปในตัวเครื่องกลับเข้าตำแหน่งเดิมหมุนปุ่มของลิ้นชักจากตำแหน่ง open/load ไปยังตำแหน่ง read เครื่องจะเริ่มทำการวิเคราะห์ เมื่อเครื่องทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว จะมีสัญญาณเตือนดังถี่ และมีไฟสีเหลืองกระพริบขึ้นอ่านผลตัวเลขที่หน้าจอ บันทึกค่า ทำการวัด 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย (นายอัครเดช ใหม่นา, 2523)

ใบรายงานผลการทดสอบความชอบของขนมลา

วิธี 9 points hedonic scale

วันที่.....

ตัวอย่าง .....

ชื่อผู้ทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบของคุณลักษณะตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

สเกลความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง .....
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่นรส					
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
ความชอบรวม					

ใบรายงานผลการทดสอบความความหืน
วิธี Multi-sample Difference Test

วันที่.....

ตัวอย่าง .....

ชื่อผู้ทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบของคุณลักษณะตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความหืน

ระดับคะแนน	ความหืน	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง .....
0	ปกติ				
1	ไม่แน่ใจ				
2	หืนเล็กน้อย				
3	หืนมาก				