



รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน:

ข้าวยำสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูป

Development of Local Food Product:

Instant Fried Herbal Thai Rice Salad (Khao Yam)

นพรัตน์ มะเห

Nopparat Mahae

ดาริกา อวะภาค

Darika Awapak

ดลฤดี พิชัยรัตน์

Donrudee Pichairat

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2556

รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน:

ข้าวยำสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูป

Development of Local Food Product:

Instant Fried Herbal Thai Rice Salad (Khao Yam)

นพรัตน์ มะเห

Nopparat Mahae

ดาริกา อวะภาค

Darika Awapak

ดลฤดี พิชัยรัตน์

Donrudee Pichairat

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2556

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน: ข้าวยาสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูป นพรัตน์ มะเหิ¹ ดาริกา อวะภาค² และ ดลฤดี พิษัยรัตน์¹

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวยาซึ่งเป็นอาหารพื้นบ้านของภาคใต้ การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวยาทอด การแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการศึกษาพบว่า สูตรของน้ำบดปรุงรสที่เหมาะสมซึ่งใช้ในการผลิตข้าวยาประกอบด้วย น้ำบด 200 กรัม น้ำตาล 100 กรัม น้ำมะนาว 50 กรัม น้ำมะขามเปียก 40 กรัม ตะไคร้ 30 กรัม และ ใบมะกรูด 20 กรัม การใช้แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำบดปรุงรสช่วยให้การเกาะยึดก่อนข้าวยามีการยึดเกาะที่ดีที่สุด สภาวะในการแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ -30 °C (จนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -18 °C) ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็ง 113 นาที ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งเท่ากับ 1.20 cm/h ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีองค์ประกอบต่างๆทางเคมีคือ โปรตีน ร้อยละ 7.67 ไขมันร้อยละ 17.33 เถ้าร้อยละ 1.22 ความชื้นร้อยละ 43.26 ค่าแอสคอร์บิกของน้ำ (aw) เท่ากับ 0.97 และค่า TBAR เท่ากับ 5.496 mg malondialdehyde/kg sample คุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่นำมาทอดใหม่อีกครั้งพบว่าผู้ทดสอบชิมยอมรับผลิตภัณฑ์ การศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บไว้ได้นาน 4 วัน โดยคุณภาพทางจุลินทรีย์และทางเคมีไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ส่วนการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปพบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ : ข้าวยา / อาหารพื้นบ้าน / การแช่เยือกแข็ง

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิงหนคร จ.ตรัง

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

**Development of Local Food Product:
Instant Fried Herbal Thai Rice Salad (Khao Yam)
Nopparat Mahae¹ Darika Awapak² and Donrudee Pichairat¹**

Abstract

The development of frozen deep fried southern thai rice salad (khao yam) was investigated in order to increase the product value of thai rice salad (khao yam). The study was performed on the optimum processes for fried southern thai rice salad (khao yam) production, freezing process and product quality evaluation. The result showed that the suitable formula of seasoned Budu for fried southern thai rice salad (khao yam) production was consisted of 200 g Budu, 100 g sugar, 50 g lemon juice, 40 g tamarind juice, 30 g lemongrass and 20 g kaffir lime leaf. Tapioca flour was the best binder for southern thai rice salad ball. Freezing condition at -30 °C (until core temperature was -18 °C) was 113 minutes for freezing time and 1.20 cm/h for freezing rate. Chemical compositions of product were 7.67 % protein, 17.33 % fat, 1.22 % ash, 43.26 % moisture content, water activity (aw) was 0.97 and TBAR value was 5.496 mg malondialdehyde/kg sample. The product quality met the microbial standard requirement. The sensory result indicated that the product was accepted. Sensory quality was not accepted after 4 days of shelf life storage, while there were a little change of microbial and chemical quality. Consumer test showed that people accepted the product. Then this product has the potential for commercial production.

Keywords : Thai rice salad (khao yam) / Local Food / freezing

.....
¹Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang.

²Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย คณะผู้วิจัย
จึงขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงในการอนุเคราะห์เครื่องมือและ
ห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่
ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย จากงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2556 คณะผู้วิจัย
ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์และวิธีการ	6
ผลและวิจารณ์	12
สรุปผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวยาน้ำบุญดู	2
2	แสดงคุณค่าทางด้านโภชนาการของบุญดู	3
3	ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม	12
4	ข้อมูลการบริโภคข้าวยา	15
5	ข้อมูลความชอบผักที่ใช้ในข้าวยา	16
6	คะแนนความชอบของน้ำบุญดูปรุงรสผสมข้าวเปล่า	17
7	คะแนนความชอบของน้ำบุญดูปรุงรสผสมในรูปข้าวยา	18
8	ค่าแรงที่ทำให้ก้อนข้าวยาซึ่งเติมแป้งชนิดต่างๆในน้ำบุญดูแยกออกจากกัน (hardness)	19
9	คะแนนความชอบของก้อนข้าวยาที่ผสมน้ำบุญดูซึ่งเติมแป้งชนิดต่างๆ	20
10	คุณภาพทางด้านเคมี ของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง	24
11	คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง	25
12	คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง	26
13	คุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ข้าวยาทอด และข้าวยาก้อนชุบแป้งคลุกเกล็ดขนมปังที่ยังไม่ทอด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C	27

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค (ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์)	28
15	ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชาวยุโรปที่นำเข้า	30

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจุดกึ่งกลางของข้าวยาทอดระหว่างการแช่เยือกแข็ง	21
ภาพผนวกที่		
1	ส่วนผสมในการเตรียมบุดูปรุจรต	37
2	ส่วนผสมในการเตรียมข้าวยา	37
3	ข้าวยาก่อน (ก่อนการชุบแป้งและคลุกเกล็ดขนมปัง)	38
4	ผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด	38

บทนำ

ปัจจุบันตลาดอาหารและเครื่องดื่มของโลกกำลังเผชิญหน้ากับการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านการผลิตและการจำหน่าย อันเป็นผลมาจากพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งในด้านการหันมามุ่งเน้นเรื่องของสุขภาพ คุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกิดจากสภาพการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างประชากรและวิถีการดำเนินชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันไปบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูป (Instant Foods) อาหารพร้อมปรุง (Ready-to-cook) และอาหารพร้อมทาน (Ready-to-eat) เพิ่มขึ้น (สถาบันอาหาร, 2552) โดยเฉพาะอาหารแช่เยือกแข็งเนื่องจากเป็นวิธีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสี รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารน้อยมาก (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีคุณภาพใกล้เคียงกับอาหารปรุงสด ทั้งในแง่ของรสชาติของอาหาร ความชุ่มชื้นของอาหารแม้ผ่านการอุ่นจากไมโครเวฟ และความสดใหม่ของอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งที่อาหารกระป๋องหรืออาหารแห้งไม่สามารถทำได้

ข้าวย่ำเป็นอาหารพื้นบ้านของภาคใต้ที่ใส่สารอาหารครบถ้วนมีทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ และจัดเป็นอาหารธรรมชาติ โดยเฉพาะผักสดซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระและใยอาหารสูง แต่มีการเตรียมที่ค่อนข้างยุ่งยากเนื่องจากมีส่วนประกอบหลายอย่าง โดยเฉพาะผักชนิดต่างๆ ที่ใช้ส่วนใหญ่มักจะเกิดสีน้ำตาลหลังจากการตัดแต่งและหั่นซอย และเกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว จากการศึกษาของ นุชบา โกมลมณี (2552) ซึ่งได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวย่ำน้ำบูดูปรุงรสพร้อมบริโภค ซึ่งประกอบด้วยข้าวสุก และแตงกวา ตะไคร้ ใบมะกรูด ถั่วอก และถั่วฝักยาวในถุง PE ปิดผนึก และเนื้อส้มโอในถุง PP ปิดผนึก แต่ต้องทำการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 6 วัน ทำให้ในปัจจุบันข้าวย่ำยังไม่เป็นที่แพร่หลายในส่วนอื่นๆ ของประเทศไทย ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวย่ำสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูปจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้บริโภคได้รับอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน ทั้งยังเป็นการส่งเสริมและรักษาสูตรอาหารพื้นบ้านของภาคใต้ให้คงอยู่และเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายมากขึ้น

การศึกษานี้จึงมีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวย่ำสมุนไพรทอดในรูปแบบที่สะดวกและง่ายในการบริโภค รวมทั้งสามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการจัดเตรียมอาหารเพื่อบริโภค นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมและรักษาภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่และเป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

ตรวจเอกสาร

ข้าวยา

ข้าวยาเป็นอาหารพื้นบ้านของทางภาคใต้ที่ให้สารอาหารครบถ้วน มีทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ และจัดเป็นอาหารธรรมชาติที่ประกอบด้วยผักสด ผลไม้ที่มีเส้นใยสูง มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้าวสวยหุงสุก ส่วนที่ 2 เนื้อปลาป่นหรือกุ้งป่น ส่วนที่ 3 ผักชนิดต่างๆ หรือเรียกว่าผักหมวดจะนำมาหั่นฝอย มักใช้ผักไม่ต่ำกว่า 3 ชนิด ผักชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ประกอบในข้าวยา ได้แก่ สะตอหั่นฝอย ถั่วงอก ถั่วฝักยาวหั่นฝอย แดงกวา ตะไคร้หั่นฝอย ใบชะพลูหั่นฝอย ส้มโอฉีกเป็นชิ้นเล็กๆ (ศศิพินท์ ดิษนัน, 2547) หรือจากการสำรวจผู้บริโภคข้าวยาน้ำบูดูในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ของวิไลวัลย์ อินทรไชยมาศ และคณะ (2551) พบว่า ผักที่นิยมใช้ 5 อันดับแรก ได้แก่ ถั่วฝักยาว ดอกดาหลา ถั่วงอก ตะไคร้ และยอดมะม่วงหิมพานต์ และส่วนที่ 4 น้ำบูดูปรุงรส ตัวอย่างคุณค่าทางโภชนาการของข้าวยาน้ำบูดูแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวยาน้ำบูดู

ชนิดอาหาร	ปริมาณที่ใช้	พลังงาน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน
ข้าวสุก	25 กรัม	92	0.125	20.2	1.89
ถั่วงอก	15 กรัม	5.25	0.03	0.99	0.57
ตะไคร้	5 กรัม	6.3	0.105	1.28	0.06
ถั่วพูซอย	15 กรัม	4.35	0.045	0.84	0.405
ถั่วฝักยาวซอย	20 กรัม	7.6	0.04	1.64	0.56
แตงกวาหั่นหยาบๆ	20 กรัม	3	0.02	0.68	0.18
ส้มโอแกะเอาแต่เนื้อ	20 กรัม	13.4	0.04	3.56	0.1
กุ้งแห้งบด	10 กรัม	29.9	0.36	0.32	5.94
มะพร้าวคั่ว	5 กรัม	6.92	0.706	0.188	0.07
น้ำบูดู	15 กรัม	3.4	0.0064	0.767	0.0676
รวม	-	172.12	1.4774	30.465	9.8026

ที่มา: ศรีสุม (2542)

น้ำบูดูปรุงรส

น้ำบูดูปรุงรส หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำบูดูมาผสมกับน้ำปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาลทราย น้ำตาลปีบ มะขามเปียก เติมเครื่องเทศและสมุนไพรเช่น กระเทียมตะไคร้ข่า ใบมะกรูด หอมแดงส้มแขก นำไปเคี่ยวจนข้นเหนียวแล้วกรองเอากากออก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) ส่วนประกอบหลักของน้ำบูดูปรุงรสคือบูดูดิบ โดยบูดูดิบเป็นอาหารหมักของทางภาคใต้ มีลักษณะเป็นของเหลวข้น ประกอบด้วยด้วยน้ำปลาหมักสีน้ำตาล และเนื้อปลามีสีน้ำตาลอมแดง มีกลิ่น รสชาติที่แปลกเฉพาะตัว บูดูดิบผลิตจาก ปลาใต้ตัน หรือ ปลาเกะตัก และปลาหลังเขียว วิธีทำโดยหมักปลากับเกลือในอัตราส่วน 3:1 โดยน้ำหนัก ทิ้งไว้ 3-12 เดือน หลังจากนั้นอาจมีการเติมน้ำตาล น้ำมะพร้าว และมะขามแขก เพื่อปรุงรส แล้วนำมาต้มก่อนการบรรจุขวด (นงนุช, 2538) น้ำบูดูที่ได้จากการหมักครั้งแรกเป็นบูดูเบอร์ 1 ผู้ผลิตจะเอาบูดูเบอร์ 1 ไปผสมกับน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 20-25 ที่ต้มแล้วทิ้งไว้ให้เย็น อัตราส่วนใช้ผสมก็แล้วแต่คุณภาพของบูดูและราคาที่ถูกค่าต้องการโดยยึดถือหลักว่า บูดูเบอร์ 2 เป็นบูดูที่ผสมน้ำเกลือน้อยกว่าบูดูเบอร์ 3 และ 4 ตามลำดับ หลังจากผสมแล้วยังนำไปบรรจุภาชนะที่ทนต่อการกัดกร่อนของเกลือ เช่น ขวดแก้ว ซึ่งทำให้ประสบปัญหาในการขนส่งไกลๆ (ปราณี, 2533) สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของบูดูแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงคุณค่าทางด้านโภชนาการของบูดู

คุณค่าทางด้านโภชนาการ	ปริมาณ
ความเข้มข้นของเกลือ (%)	18.88-26.84
โปรตีน (กรัม)	9.17-11.01
ไขมัน (กรัม)	0.4
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	0.5
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	42.5
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	94.4
เหล็ก (มิลลิกรัม)	4.3
วิตามินบี (มิลลิกรัม)	เล็กน้อย
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.47
พลังงาน (แคลลอรี่)	24

ที่มา: พงษ์เทพ (2533)

การทอด (Frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร วัตถุประสงค์รอง คือ การถนอมรักษาอาหาร โดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของอาหาร การทอดอาหารมี 2 วิธี คือ การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow Frying) และการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat Frying) การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นวิธีที่นิยมใช้สำหรับเตรียมอาหาร ลักษณะของอาหารทอด คือ มีกลิ่นรส ผิวของอาหารมีสีน้ำตาลทอง และลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ โดยปกติการทอดอาหารจะใช้อุณหภูมิระหว่าง 160 – 180 องศาเซลเซียส (Saguy and Dada, 2003) เมื่อทอดอาหารในน้ำมันร้อน อาหารที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะเกิดเจลลิตีในเซชันอย่างรวดเร็วและเกิดฟองอากาศรอบๆ อาหาร เนื่องจากความชื้นจากอาหารขยายตัวไปเป็นไอน้ำแล้วระเหยออกไปตามช่องว่างของอาหารซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน ทำให้ผิวของอาหารเริ่มแห้ง รูพรุนของอาหารเกิดขึ้นเนื่องจากโปรตีนตกตะกอนและเมื่ออาหารสูญเสียความชื้นที่ผิวเป็นจำนวนมากจะทำให้อาหารเกิดเปลือกและกลิ่นรส นอกจากนี้ช่องว่างที่สูญเสียความชื้นจะเกิดสภาพสุญญากาศทำให้น้ำมันถูกดูดซับเข้าสู่อาหาร และเมื่อนำอาหารขึ้นจากน้ำมัน อุณหภูมิที่ลดลงทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำมันและเร่งให้เกิดการดูดซับน้ำมันเพิ่ม การพัฒนาสี กลิ่น และรส การใช้อุณหภูมิสูงและอาหารที่มีความชื้นต่ำทำให้น้ำตาลกลายเป็นคาราเมล กรดไขมันเกิดออกซิเดชันและเปลี่ยนไปเป็นไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ ฟูแรน คีโตน แอลกอฮอล์ และสารประกอบของกรด (Min, 1998) โดยปกติลักษณะเปลือกของผลิตภัณฑ์อาหารชุบแป้งทอดจะมีวอเตอร์แอกทีวิตีและความชื้นต่ำ เนื่องจากในกระบวนการทอดทำให้น้ำระเหยออกไป แต่ภายในชิ้นอาหารจะมีวอเตอร์แอกทีวิตีและความชื้นสูง จึงเกิดปัญหาขึ้นในช่วงการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิห้อง แช่เย็น และแช่เยือกแข็ง เนื่องจากมีแรงผลักดันที่ทำให้เกิดสมดุลระหว่างผิวชั้นนอก คือ แป้งชุบทอด และภายในซึ่งก็คือ ชิ้นอาหาร มีวอเตอร์แอกทีวิตีแตกต่างกัน โดยทำให้เปลือกมีวอเตอร์แอกทีวิตีสูงขึ้น มีผลทำให้นิ่ม และ ไม่กรอบ ดังนั้นก่อนการบริโภคจึงต้องให้ความร้อนอีกครั้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กรอบขึ้น เช่น การทอดแบบน้ำมันท่วม หรืออบในเตาอบ ซึ่งจะช่วยให้ น้ำที่ผิวหน้าระเหยและกลับมารอบอีกครั้ง โดยที่ภายในชิ้นอาหารไม่มีการสูญเสียความชื้นสู่ผิวหน้า (Schiffmann, 1996)

ผลของความร้อนต่ออาหารที่ทอด

การทอดทำให้อาหารมีสี กลิ่น รสชาติ และความกรอบ มีปริมาณน้ำลดลง ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่จะสูญเสียสารอาหารระหว่างการเก็บรักษาด้วย โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เช่น วิตามินอีที่ถูกดูดซับจะถูกออกซิไดซ์ระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการสูญเสียโปรตีนจะ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

1. วัสดุและสารเคมี

- ข้าวหอมมะลิ
- เนื้อปลาป่น
- น้ำบูดู
- เครื่องปรุงรสน้ำบูดู เช่น น้ำตาลทราย น้ำมะนาว มะขามเปียก ตะไคร้ ใบมะกรูด
- สารยัดเกาะ (แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด)
- ผักต่างๆ
- แป้งสาลีเอนกประสงค์ (สำหรับชุบทอด)
- เกล็ดขนมปัง
- น้ำมันสำหรับทอด
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ ความชื้น ถั่ว โปรตีน และไขมัน
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์การเกิดกลิ่นหืน

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ ความชื้น ถั่ว โปรตีน และไขมัน
- อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์
- เครื่องสเปกโตรสโคปี
- เครื่อง Texture Analyser
- เครื่องวัดค่า water activity
- อุปกรณ์สำหรับการทอด
- ตู้แช่แข็ง (Chest freezer, HAIER, model HCF368H-2, ประเทศจีน)
- เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger Temperature, Testo, model 176T4, ประเทศเยอรมนี)

วิธีการทดลอง

1. การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ข้าวยาสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูป

1.1. การศึกษาข้อมูลการบริโภคข้าวยาและชนิดของผักที่เหมาะสม

1.1.1 การศึกษาข้อมูลการบริโภคข้าวยา

ศึกษาข้อมูลการบริโภคข้าวยา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตข้าวยาทอด โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่บริเวณ อ.เมือง จ.ตรัง เป็นตัวแทนของผู้บริโภคทั้งหมด จำนวน 100 คน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีผู้บริโภคจากหลายๆแหล่ง มาซื้อสินค้า จึงเป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป

1.1.2 การศึกษาชนิดของผักที่เหมาะสม

ศึกษาชนิดของผักที่จะใช้ผสมในข้าวยาทอด โดยชนิดของผักที่จะนำมาศึกษาเป็นผักที่นิยมใส่ในข้าวยาโดยทั่วไป และต้องเป็นผักที่ไม่มีน้ำมากเกินไป ซึ่งจะเป็นปัญหาในการนำมาทำเป็นข้าวยาทอด คัดเลือกผักมา 8 ชนิด จากนั้นจึงทำการคัดเลือกชนิดของผักที่เหมาะสม โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่บริเวณ อ.เมือง จ.ตรัง เป็นตัวแทนของผู้บริโภคทั้งหมด จำนวน 100 คน ใช้แบบสอบถามเพื่อให้ผู้บริโภคเรียงลำดับผักที่ชอบเพื่อนำมาทำเป็นผักใส่ข้าวยา และจะเลือกใช้ผักที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด 5 ชนิด โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการพิจารณา คือ สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของผัก

1.2. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของน้ำบูดูปรุงรส

สูตรน้ำบูดูที่ต้องการศึกษาทำการสืบค้นสูตรจากแหล่งต่างๆ และคัดเลือกสูตรน้ำบูดูที่แตกต่างกัน 3 สูตร มาใช้ในการศึกษา ดังนี้

สูตรที่ 1 น้ำบูดูปรุงรสสูตรทำเอง (ดัดแปลงจากสูตรน้ำบูดูปรุงรสปัตตานี)

สูตรที่ 2 น้ำบูดูปรุงรส ตราบูดูเฮง

สูตรที่ 3 น้ำบูดูปรุงรส จากตลาดหาดใหญ่ใน

น้ำบูดูปรุงรสสูตรทำเองมีส่วนประกอบและวิธีการดังนี้

ส่วนประกอบ

1. น้ำบูดู 200 กรัม
2. น้ำตาล 100 กรัม
3. น้ำมันงา 50 กรัม
4. มะขามเปียก 40 กรัม
5. ตะไคร้ 30 กรัม

6. ไบมะกรูด 20 กรัม

วิธีทำ

นำน้ำใบทุเรียนเทศในหม้อหรือจนเคี้ยวแล้วใส่น้ำตาลลงไปพร้อมคนให้น้ำตาลละลายจนหมด จากนั้นก็ใส่มะขามเปียกลงไปคนให้เข้ากัน แล้วตามด้วยน้ำมะนาว ตะไคร้ตำแบบไม่ละเอียดใส่ลงไปคนให้เข้ากัน จากนั้นนำไบมะกรูดที่หั่นเป็นฝอยใส่ในน้ำใบทุเรียนเทศ

คัดเลือกสูตรของน้ำใบทุเรียนเทศด้วย 2 วิธีการคือ ทดสอบน้ำใบทุเรียนเทศโดยผสมกับข้าวเปล่า เพื่อลดผลเนื่องจากส่วนผสมอื่น ๆ และทดสอบโดยการผสมในรูปของข้าวยา

เตรียมข้าวยาเพื่อศึกษาน้ำใบทุเรียนเทศ โดยมีส่วนผสมคือ ข้าวสวย 100 กรัม เนื้อปลาป่น 20 กรัม มะพร้าวคั่ว 15 กรัม น้ำใบทุเรียนเทศ 20 กรัม ตะไคร้ 10 กรัม แครอท 20 กรัม กะหล่ำปลี 20 กรัม ถั่วฝักยาว 20 กรัม น้ำมะนาว 5 กรัม โดยสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่ดัดแปลงมาจากสูตรที่มีการขายโดยทั่วไป

คัดเลือกสูตรน้ำใบทุเรียนเทศที่เหมาะสม โดยนำตัวอย่างข้าวยาที่มีน้ำใบทุเรียนเทศสูตรต่างๆ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) และพิจารณาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

1.3 การศึกษาชนิดของสารเค้ายืดที่เหมาะสม

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดต้องการการยืดเกาะของส่วนผสมที่ดี จึงมีการเติมแป้งในน้ำใบทุเรียนเทศเพื่อช่วยให้ส่วนผสมมีการยืดเกาะมากขึ้น โดยศึกษาชนิดของแป้งที่ใช้เติมในน้ำใบทุเรียนเทศ 3 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด ปริมาณแป้งที่เติมในน้ำใบทุเรียนเทศเท่ากับร้อยละ 10 (กรัมแป้ง/ปริมาณน้ำใบทุเรียนเทศ) (ปริมาณแป้งที่เติมได้จากการศึกษาเบื้องต้น ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของน้ำใบทุเรียนเทศ) เตรียมข้าวยาโดยมีส่วนประกอบอื่นๆ ตามข้อ 1.2 นำส่วนผสมทั้งหมดมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นก้อนกลม (น้ำหนักก้อนละ 15 กรัม) ประเมินคุณภาพทางกายภาพเพื่อเปรียบเทียบผลของแป้งชนิดต่างๆ ต่อการยืดเกาะของส่วนผสมข้าวยา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการวัดค่าแรงที่ทำให้ก้อนข้าวยาแยกออกจากกัน (hardness) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (ใช้เข็มวัดทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ความเร็วในการทดสอบ 2.0 mm./s ระยะการกด 15 mm.) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) และพิจารณาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม

ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

2. การศึกษากระบวนการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์

เตรียมข้าวยาทอดตามสูตรที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 - 1.3 นำข้าวยาก่อนที่ได้จากสูตรดังกล่าว มาผ่านการคลุกด้วยแป้ง (pre-dusting) เพื่อลดความชื้น จากนั้นนำไปชุบในแป้งชุบทอด (coating batter) และคลุกเกล็ดขนมปัง ทอดน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที นำตัวอย่างข้าวยาทอดที่ได้มาศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็ง โดยทำการศึกษาดังนี้

2.1 กราฟการแช่เยือกแข็ง

ศึกษากราฟการแช่เยือกแข็ง ตามวิธีการของ Boonsumrej et al (2007) โดยทำการแช่เยือกแข็งตัวอย่าง ด้วยตู้แช่แข็ง (Chest freezer, HAIER, model HCF368H-2, ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ -30°C บันทึกอุณหภูมิของตัวอย่างจนกระทั่งอุณหภูมิจุดกึ่งกลางตัวอย่าง เท่ากับ -18°C ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger Temperature, Testo, model 176T4, ประเทศเยอรมนี) โดยใช้สายเสียบเข้าไปตรงกลางของชิ้นข้าวยาทอดบันทึกอุณหภูมิ จุดกึ่งกลางของตัวอย่างตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิจุดกึ่งกลางของ -18°C

2.2 อัตราการแช่เยือกแข็ง

ศึกษาอัตราการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) โดยคำนวณอัตราการแช่เยือกแข็ง ตามสมการ ของ Pan and Yeh (1993)

$$\text{Freezing rate (cm/h)} = \frac{\text{Minimum distance from the surface to the thermal center of sample (cm)}}{\text{Thermal arrest time (h) to reach } -18^{\circ}\text{C}}$$

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 3 รูปแบบคือ ข้าวยาไม่ทอด/แช่เยือกแข็ง ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการศึกษาคุณภาพด้านต่างๆดังนี้

3.1 คุณภาพทางด้านเคมี

- องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน คือ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าตามวิธีการของ AOAC (2000)

- ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water Activity, aw) โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี
- ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ตามวิธีการของ Buege และ Aust (1978)

3.2 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) (Speck, 1976) Coliforms (Bam, 2002) Staphylococcus aureus (APHA, 2001) Bacillus cereus (Bam, 2012) และ Psychrophilic bacteria (Speck, 1976)

3.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำข้าวยาทอดแช่เยือกแข็งมาทอดใหม่อีกครั้งก่อนการทดสอบชิม (ทอดน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) และพิจารณาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวยาทอดกึ่งสำเร็จรูป

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวยาทอด และข้าวยาก่อนชุบแป้งคลุกเกล็ดขนมปังที่ยังไม่ทอด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (10 °C) โดยบรรจุในกล่องพลาสติก ชนิด PVC เก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธีการของ (Speck, 1976) และวัดค่าการเกิดกลิ่นหืน โดยวัดค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ตามวิธีของ Buege และ Aust (1978) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบคุณภาพโดยรวม ตามวิธีการของ Lawless และ Heymann (1999) โดยพิจารณา สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 12 คน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม กำหนด 9-10 เท่ากับ match (เหมือนตัวอย่างควบคุม) 6-8 เท่ากับ acceptable 3-5 เท่ากับ unacceptable และ 1-2 เท่ากับ reject สุ่มตัวอย่างตรวจที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน

5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดกึ่งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็งที่ได้รับการพัฒนามาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ได้แก่ นักศึกษา ข้าราชการ ลูกจ้างที่ทำงานอยู่ในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

มงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถาม และทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดยใช้ 9-point hedonic scale ประเมินความชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผลและวิจารณ์

1. การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ข้าวยาสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูป

1.1. การข้อมูลของการบริโภคข้าวยาและชนิดของผักที่เหมาะสม

จากการสำรวจแบบสอบถามเพื่อศึกษาข้อมูลการบริโภคข้าวยาและชนิดของผักที่ใช้เป็นเครื่องเคียงของข้าวยาสมุนไพร โดยสำรวจจากผู้บริโภคใน อ.เมือง จ.ตรัง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1-3

1.1.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคในการศึกษาผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด โดยสำรวจจากผู้บริโภคใน อ.เมือง จ.ตรัง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
เพศ	
- ชาย	37
- หญิง	63
อายุ	
- อายุ 18-23 ปี	49
- อายุ 24-29 ปี	17
- อายุ 30-35 ปี	21
- อายุ 36-41 ปี	8
- อายุ 42-47 ปี	3
- อายุ 48-53 ปี	2
- อายุ 54-60 ปี	0
- อายุมากกว่า 60 ปี	0

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
สถานภาพ	
- โสด	57
- สมรส	36
- หย่าร้าง, หม้าย, แยกกันอยู่	7
ระดับการศึกษา	
- ประถมศึกษา	13
- มัธยมศึกษา	40
- ปวช./ปวส./อนุปริญญา	18
- ปริญญาตรี	28
- ปริญญาโทหรือสูงกว่า	1
อาชีพ	
- นักเรียน/นักศึกษา	38
- ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	5
- พนักงานบริษัทเอกชน	5
- ธุรกิจส่วนตัว	21
- เกษตรกร	16
- รับจ้าง	15
- อื่นๆ	-
รายได้	
- รายได้ น้อยกว่า 5,000 บาท	38
- รายได้ 5,000-10,000 บาท	47
- รายได้ 10,001-20,000 บาท	10
- รายได้ 20,001-30,000 บาท	4
- รายได้มากกว่า 30,000 บาท	1

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามซึ่งพบว่า ผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายจำนวนร้อยละ 37.0 และเพศหญิงจำนวนร้อยละ 63.0 จากการสำรวจแบบสอบถามเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านข้าวยาสมุนไพรทอดกึ่งสำเร็จรูปใน อ.เมือง จ.ตรัง พบว่าอายุที่เข้าร่วมทำแบบสอบถามเป็นอายุช่วง18-23ปีจำนวนร้อยละ 49.0 อายุช่วง24-29 ปีจำนวนร้อยละ 17.0 อายุช่วง30-35ปีจำนวนร้อยละ 21.0 อายุช่วง36-41ปีจำนวนร้อยละ 21.0 อายุช่วง42-47ปีจำนวนร้อยละ 8.0 อายุช่วง48-53ปีจำนวนร้อยละ 3.0 อายุช่วง54-60ปีจำนวนร้อยละ 2.0 ซึ่งพบว่าประชากรที่ร่วมทำแบบสอบถามเป็นอายุช่วง18-23ปีมากที่สุดร้อยละ 49.0 สถานภาพของผู้ที่เข้าร่วมทำแบบสอบถามเป็นสถานภาพโสดจำนวนร้อยละ 57.0 สถานภาพสมรสจำนวนร้อยละ 36.0 สถานภาพหย่าร้าง/หม้าย/แยกกันอยู่จำนวนร้อยละ 7.0ซึ่งพบว่าประชากรที่ร่วมทำแบบสอบถามเป็นสถานภาพโสดมากที่สุดร้อยละ 57.0 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นระดับประถมศึกษาจำนวนร้อยละ 13.0 มัธยมศึกษาจำนวนร้อยละ 40.0 ปวช./ปวส./อนุปริญญาจำนวนร้อยละ 18.0 ปริญญาตรีจำนวนร้อยละ 28.0 ปริญญาโทหรือสูงกว่าจำนวนร้อยละ 1.0 ซึ่งพบว่าประชากรที่ร่วมทำแบบสอบถามเป็นมัธยมศึกษามากที่สุดร้อยละ 40.0 อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นนักเรียน/นักศึกษาจำนวนร้อยละ 38.0 ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจจำนวนร้อยละ 5.0 พนักงานบริษัทเอกชนจำนวนร้อยละ 5.0 ธุรกิจส่วนตัวจำนวนร้อยละ 21.0 เกษตรกรจำนวนร้อยละ 16.0 รับจ้างจำนวนร้อยละ 15.0 ซึ่งพบว่าประชากรที่ร่วมทำแบบสอบถามเป็นนักเรียน/นักศึกษามากที่สุดร้อยละ38.0 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้ชว่นน้อยกว่า 5,000 บาท จำนวนร้อยละ 38.0 รายได้ช่วง 5,000-10,000 บาท จำนวนร้อยละ 47.0 รายได้ช่วง 10,001-20,000 บาท จำนวนร้อยละ 10.0 รายได้ช่วง 20,001-30,000 บาท จำนวนร้อยละ 4.0 รายได้ช่วงมากกว่า30,000 บาท จำนวนร้อยละ 1.0 ซึ่งพบว่าประชากรที่ร่วมทำแบบสอบถามมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง10,001-20,000บาทมากที่สุดร้อยละ 38.0

1.1.2 ข้อมูลการบริโภคข้าวยา

ข้อมูลการบริโภคข้าวยา ทำการศึกษาในกลุ่มผู้บริโภค อ.เมือง จ.ตรัง จำนวน 100 คน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลการบริโภคข้าวยา

ข้อมูลการบริโภคข้าวยา	ร้อยละ
ความชอบบริโภคข้าวยา	
- ชอบ	62
- ไม่ชอบ	13
- เฉยๆ	25
ความถี่ในการบริโภคข้าวยา	
- อาทิตย์ละครั้ง	21
- อาทิตย์ละสองครั้ง	9
- อาทิตย์ละมากกว่าสองครั้ง	5
- ไม่แน่นอน	65
- อื่นๆ	-
การบริโภคข้าวยาทอด	
- เคย	14
- ไม่เคย	86
ข้าวยาทอดควรมีรสชาติใดเด่น	
- หวาน	48
- เค็ม	32
- เปรี้ยว	20

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการบริโภคข้าวยาซึ่งพบว่า ความชอบในการบริโภคข้าวยาของผู้บริโภคที่ทำแบบสอบถามมีความชอบจำนวนร้อยละ 62.0 ไม่ชอบจำนวนร้อยละ 13.0 เฉยๆจำนวนร้อยละ 25.0 ซึ่งพบว่าประชากรที่ร่วมทำแบบสอบถามมีความชอบมากที่สุดร้อยละ 62.0 ความถี่ในการบริโภคพบว่าความถี่อาทิตย์ละครั้งจำนวนร้อยละ 21.0 อาทิตย์ละสองครั้งจำนวนร้อยละ 9.0 อาทิตย์ละมากกว่าสองครั้งจำนวนร้อยละ 5.0 ไม่แน่นอนจำนวนร้อยละ 65.0 ซึ่งพบว่าผู้บริโภคที่ทำแบบสอบถามมีความถี่ในการบริโภคที่ไม่แน่นอนมากที่สุดร้อยละ 65.0 การบริโภคข้าวยาทอดผู้บริโภคที่ทำแบบสอบถามเคยบริโภคข้าวยาทอดจำนวนร้อยละ 14.0 ไม่เคยจำนวนร้อยละ 86.0 ซึ่งพบว่าผู้บริโภคที่ทำแบบสอบถามไม่เคยบริโภคข้าวยาทอดมากกว่าเคยบริโภคข้าว

ยำทอด รสชาติข้าวยำทอดที่ต้องการให้มีรสเด่นพบว่า ต้องการให้มีรสหวานเด่นจำนวนร้อยละ 48.0 ต้องการให้มีรสเค็มเด่นจำนวนร้อยละ 32.0 ต้องการให้มีรสเปรี้ยวเด่นจำนวนร้อยละ 20.0 ซึ่งพบว่าผู้บริโภคที่ทำแบบสอบถามต้องการให้มีรสหวานเด่นมากที่สุดคือร้อยละ 48.0

1.1.3 ข้อมูลชนิดของผักที่ใช้ในข้าวยำ

ข้อมูลชนิดของผักที่ใช้ในข้าวยำ โดยศึกษาในผัก 8 ชนิดคือ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ กะหล่ำปลี ผักพวยหอม ใบชะพลู แครอท ดอกดาหลา และ ขมิ้นขาว การพิจารณาผักที่ใช้ในการศึกษาพิจารณาจากปัจจัยคือ สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น คุณสมบัติและประโยชน์ของผัก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลความชอบผักที่ใช้ในข้าวยำ

ชนิดของผัก	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก
ถั่วฝักยาว	2.18
ตะไคร้	3.54
กะหล่ำปลี	3.72
ผักพวยหอม	4.68
ใบชะพลู	4.79
แครอท	4.9
ดอกดาหลา	5.15
ขมิ้นขาว	6.93

หมายเหตุ: กำหนดให้ 1 = ชอบมากที่สุด และ 8 = ชอบน้อยที่สุด

จากการสำรวจแบบสอบถามชนิดของผักที่ผู้บริโภคชอบในการผสมในข้าวยำ พบว่า ชนิดของผักเรียงลำดับจากชอบมากที่สุดไปยังชอบน้อยที่สุดคือ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ กะหล่ำปลี ผักพวยหอม ใบชะพลู แครอท ดอกดาหลา และขมิ้นขาว ต้องการคัดเลือกมาจำนวน 4 ชนิด โดยพบว่า 3 ลำดับแรกคือ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ กะหล่ำปลี ส่วนลำดับที่ 4 มีคะแนนใกล้เคียงกัน 3 ชนิดคือ ผักพวยหอม ใบชะพลู และแครอท จึงเลือกแครอทเป็นผักลำดับที่ 4 ในการคัดเลือกเพื่อนำไปใส่ในข้าวยำ เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่าย และมีคุณค่าทางอาหารที่ดี

1.2. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของน้ำบุดู

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของน้ำบุดูสำหรับข้าวย่า ใช้น้ำบุดู 3 สูตรคือ สูตรที่ 1 น้ำบุดูที่ผลิตเอง สูตรที่ 2 น้ำบุดูยี่ห้อบุดูเฮง สูตรที่ 3 น้ำบุดูจากตลาดสดหาดใหญ่ใน โดยทำการคัดเลือกสูตรของน้ำบุดูด้วย 2 วิธีการคือ ทดสอบน้ำบุดูโดยผสมกับข้าวเปล่า เพื่อลดผลเนื่องจากส่วนผสมอื่นๆ และทดสอบโดยการผสมในรูปของข้าวย่า ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินระดับความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6-7

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบของน้ำบุดูปรุงรสผสมข้าวเปล่า

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	6.933 ± 1.015 ^a	7.267 ± 1.015 ^a	7.100 ± 0.959 ^a
กลิ่น	6.867 ± 0.899 ^a	7.333 ± 1.028 ^b	6.933 ± 0.944 ^{ab}
รสชาติ	7.033 ± 0.928 ^{ab}	7.400 ± 0.855 ^b	6.867 ± 0.973 ^a
เนื้อสัมผัส	7.067 ± 0.785 ^a	7.300 ± 0.988 ^a	7.000 ± 0.643 ^a
ความชอบรวม	7.300 ± 0.915 ^{ab}	7.500 ± 0.974 ^b	7.000 ± 0.947 ^a

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

$$(p < 0.05)$$

จากตารางที่ 6 พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำบุดูปรุงรสซึ่งทดสอบโดยผสมข้าวเปล่าให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาคุณลักษณะ ที่สำคัญคือรสชาติพบว่าสูตรที่ 2 คือบุดูเฮง ให้คะแนนความชอบสูงสุด ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 1 ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาความชอบรวมพบว่า สูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่ผลิตเอง และสูตรที่ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่ผลิตเองเป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาต่อไป เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพได้ง่าย เพราะสามารถเตรียมเองได้

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบของน้ำบุดูปรุงรสผสมในรูปข้าวย่ำ

คุณลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	7.267 ± 0.823 ^a	7.500 ± 0.777 ^a	7.567 ± 0.971 ^a
กลิ่น	7.400 ± 0.894 ^b	7.467 ± 0.730 ^b	7.367 ± 1.159 ^a
รสชาติ	7.667 ± 0.711 ^b	7.800 ± 0.761 ^b	7.100 ± 1.185 ^a
เนื้อสัมผัส	7.433 ± 0.679 ^{ab}	7.600 ± 0.932 ^b	7.233 ± 0.728 ^a
ความชอบรวม	7.633 ± 0.765 ^a	7.800 ± 0.805 ^a	7.500 ± 1.075 ^a

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

จากตารางที่ 7 พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีและความชอบรวม ของน้ำบุดูปรุงรส ซึ่งทดสอบโดยเตรียมในรูปข้าวย่ำ ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน (p > 0.05) ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ พบว่าสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่ผลิตเอง และสูตรที่ 2 น้ำบุดูยี่ห้อบุดูเอง ให้คะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน (p > 0.05) แต่มากกว่าสูตรที่ 3 ดังนั้นสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่ผลิตเองเป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาต่อไป เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพได้ง่าย เพราะสามารถเตรียมเองได้

ผลการทดสอบน้ำบุดูทั้งสองรูปแบบคือทดสอบโดยการผสมข้าวเปล่า เพื่อลดผลเนื่องจากส่วนผสมอื่นๆ และทดสอบโดยการผสมในรูปของข้าวย่ำ เพื่อให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ที่นำน้ำบุดูไปใช้จริง ผลการทดสอบเป็นไปในทางเดียวกัน คือสูตรที่ 2 บุดูเองให้คะแนนความชอบสูงสุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 1 (p > 0.05) ดังนั้นน้ำบุดูปรุงรสสูตรที่ทำเองจึงเป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาต่อไป เพราะให้คะแนนการยอมรับที่ดีที่สุด และสามารถเตรียมเองได้ ทำให้การควบคุมคุณภาพของน้ำบุดูปรุงรสแต่ละครั้งเป็นไปได้อย่าง

1.3. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารยึดเกาะที่เหมาะสม

การศึกษาชนิดของแป้งที่ใช้เติมในน้ำบุดู 3 ชนิดคือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด เพื่อเพิ่มการยึดเกาะของส่วนผสมข้าวย่ำในการขึ้นรูปก้อนข้าวย่ำ ทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ โดยการวัดค่าแรงที่ทำให้ก้อนข้าวย่ำแยกออกจากกัน (hardness)

และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินระดับความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 ค่าแรงที่ทำให้ก้อนข้าวยาซึ่งเติมแป้งชนิดต่างๆในน้ำบูดูแยกออกจากกัน (hardness)

แป้งที่เติมในน้ำบูดู	ค่าแรงที่ทำให้ก้อนข้าวยาแยกออกจากกัน (กรัม)
แป้งมันสำปะหลัง	99.79 ± 7.25 ^c
แป้งข้าวเหนียว	87.39 ± 11.37 ^b
แป้งข้าวโพด	80.36 ± 7.96 ^a

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าแรงที่ทำให้ก้อนข้าวยาแยกออกจากกันโดยใช้แรงมากที่สุด คือ ก้อนข้าวยาที่ใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งมันสำปะหลัง ($p < 0.05$) นั่นคือการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำบูดูปรุงรสช่วยในการเกาะยึดก้อนข้าวยาได้ดีที่สุด ซึ่งเมื่อใช้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (ตารางที่ 9) ประกอบการศึกษาทางกายภาพพบว่า การใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวช่วยเกาะยึดให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีในทุกปัจจัยคุณภาพ ดังนั้นจึงเลือกแป้งมันสำปะหลังเป็นสารเกาะยึดในการผลิตก้อนข้าวยาทอด จากการศึกษาของ Eyas Ahamed et al. (2007) ซึ่งศึกษาผลของสารยึดเกาะ (binder) ชนิดต่างๆคือ แป้งมันฝรั่ง (potato starch) แป้งสาลี (refined wheat flour) แป้งข้าวโพด (corn flour) และแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca flour/cassava flour) เพื่อเป็นสารยึดเกาะในผลิตภัณฑ์ enrobed buffalo meat cutlets พบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังช่วยให้เกิดการหดตัวของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sison and Almira (1975) นอกจากนั้น จากการศึกษาของ Hughes et al. (1998) พบว่าแป้งมันสำปะหลังช่วยให้ผลิตภัณฑ์ low fat frankfurters มีความแน่น (firmness) และช่วยในเรื่องการปลดปล่อยกลิ่น (flavour release) (Hughes, et al. 1998).

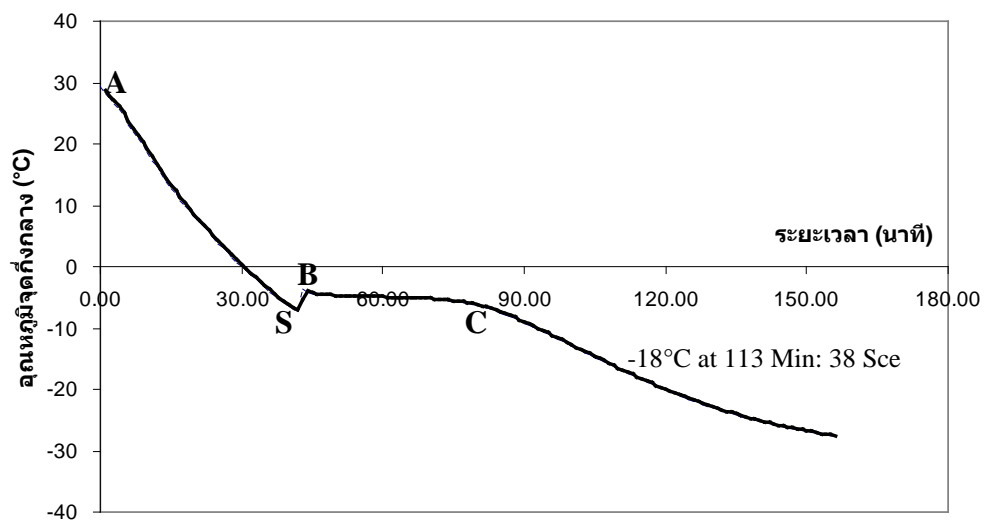
ตารางที่ 9 คะแนนความชอบของก้อนข้าวยาที่ผสมน้ำบูดูซึ่งเติมแป้งชนิดต่างๆ

คุณลักษณะทาง	คะแนนความชอบ		
	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวเหนียว	แป้งข้าวโพด
สี	8.100 ± 0.712 ^b	7.700 ± 0.837 ^a	7.800 ± 0.805 ^{ab}
กลิ่น	7.967 ± 0.809 ^a	7.967 ± 0.765 ^a	8.000 ± 1.082 ^a
รสชาติ	8.100 ± 0.607 ^b	7.667 ± 0.922 ^a	8.033 ± 0.928 ^b
เนื้อสัมผัส	8.067 ± 0.828 ^a	7.767 ± 0.817 ^a	7.800 ± 0.925 ^a
ความชอบรวม	8.267 ± 0.583 ^b	8.000 ± 0.788 ^{ab}	7.700 ± 1.087 ^a

2. การศึกษากระบวนการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์

2.1 กราฟการแช่เยือกแข็ง

กราฟการแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแสดงดังภาพที่ 1 จากภาพพบว่า อุณหภูมิจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ (ซึ่งเป็นจุดเย็นช้าที่สุด) เริ่มต้นที่จุด A (29.2 °C) เมื่อเริ่มแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากการคายความร้อนสัมผัส (sensible heat) ออกมา (Theansuwan, 2007) อุณหภูมิของตัวอย่างจะต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0 °C) และต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเริ่มต้นของตัวอย่างนี้ (จุด B) จนกระทั่งถึงจุดทำให้เย็นยิ่งยวด (จุด S : เวลา 42 นาที อุณหภูมิ -7.10 °C) ณ จุดนี้ น้ำในตัวอย่างยังคงเป็นของเหลว เมื่อน้ำในตัวอย่างเริ่มกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง จะมีการคายความร้อนแฝงในการเกิดผลึกน้ำแข็ง ทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดเยือกแข็งเริ่มต้นของตัวอย่าง (จุด B : เวลา 43 นาที อุณหภูมิ -3.80 °C) ช่วง B - C เป็นช่วงที่น้ำภายในตัวอย่างกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง มีการคายความร้อนเช่นเดียวกับช่วง A-S ในช่วงนี้ อุณหภูมิของตัวอย่างจะลดต่ำลง (ไม่คงที่เหมือนการแช่เยือกแข็งน้ำบริสุทธิ์) เนื่องจากว่าเมื่อน้ำบางส่วนกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ตัวถูกละลายในน้ำที่ไม่แข็งตัวจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทำให้จุดเยือกแข็งของส่วนที่ยังไม่แข็งตัวลดต่ำลงไปอีก ช่วงหลังจากจุด C (เวลาที่ 83 อุณหภูมิ -6.90 °C) มีการเกิดผลึกทั้งผลึกของน้ำแข็งและผลึกของตัวถูกละลาย จุดเยือกแข็งยังคงลดต่ำลง เมื่อตัวอย่างแข็งตัวเรียบร้อยแล้ว แต่ยังคงทำการแช่เยือกแข็งต่อไป อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่แข็งตัวแล้วจะลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องการ ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการแช่เยือกแข็งจนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ -18 °C ซึ่งต้องใช้เวลา 113 นาที 38 วินาที



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจุดกึ่งกลางของข้าวยาทอดระหว่างการแช่เยือกแข็ง

2.2 อัตราการแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างข้าวยาทอดที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งครั้งนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 เซนติเมตร หรือมีระยะจากผิวหน้าของตัวอย่างถึงจุดกลางที่ทำกรวัดอุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากับ 2.25 เซนติเมตร คำนวณอัตราการแช่เยือกแข็ง ตามสมการ ของ Pan and Yeh (1993) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{Freezing rate (cm/h)} &= \frac{\text{Minimum distance from the surface to the thermal center of sample (cm)}}{\text{Thermal arrest time (h) to reach } -18^{\circ}\text{C}} \\
 &= 2.25 / (113/60) \\
 &= 1.20 \text{ cm/h}
 \end{aligned}$$

หาคำนวณอัตราการแช่เยือกแข็งในหน่วยของ $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (โดยนำค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปหารด้วยระยะตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้าย) พบว่าตัวอย่างเริ่มต้นมีอุณหภูมิ 29.2°C แช่เยือกแข็งจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า -18°C อัตราการแช่เยือกแข็งเท่ากับ $0.419^{\circ}\text{C}/\text{min}$

โดยทั่วไปการแช่เยือกแข็ง (Freezing) เป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิลดลงถึง -18°C หรือต่ำกว่า (Fennema et al., 1975). อุณหภูมิที่ต่ำช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

และทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารหรือทำให้อาหารเสื่อมเสียเกิดช้าลง (George,1993) ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์อาหาร ความร้อนที่ต้องกำจัดออกในช่วงแรกคือความร้อนสัมผัส (sensible heat) จึงเรียกช่วงนี้ว่า sensible heat region (จากการทดลองคือช่วงที่กราฟการแช่เยือกแข็งมีความชันสูงในช่วงแรก) หลังจากนั้นจะเป็นช่วงของการกำจัดความร้อนแฝง (latent heat) ซึ่งเป็นช่วงที่กราฟมีการเปลี่ยนแปลงของความชันน้อยมาก อุณหภูมิค่อนข้างคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เรียกช่วงนี้ว่า thermal arrest region (Kolbe and Kramer, 2007) ความร้อนที่เหลือต้องกำจัดออกเพื่อเปลี่ยนน้ำเป็นน้ำแข็ง อุณหภูมิจึงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จากการทดลองจึงเห็นกราฟมีความชันช่วงนี้เพียงเล็กน้อย ช่วงนี้เป็นช่วงที่น้ำส่วนใหญ่กลายเป็นน้ำแข็ง ดังนั้นในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์อาหาร การแช่เยือกแข็งที่ต้องการคือการแช่เยือกแข็งที่มีช่วงของการกำจัดความร้อนแฝงสั้นที่สุด (Kolbe and Kramer, 2007) นอกจากนั้นผลของการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร จะสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญเติบโตของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งจะไปที่มแท่งเซลล์ของผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Anzaldua-morales et al., 1999) จากการศึกษาของ Espinoza Rodezno และคณะ (2013) ซึ่งศึกษาผลการแช่เยือกแข็ง catfish fillet ด้วยวิธีการ air blast freezing และ Cryogenic freezing ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการแช่แข็ง (freezing time) จนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเท่ากับ -21°C คือ 55.1 นาที และ 19.3 นาที ตามลำดับ โดยอัตราส่วนของ freezing time ของ วิธีการ air blast freezing ต่อวิธีการ Cryogenic freezing เท่ากับ 3:1 อัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) เท่ากับ 0.46 และ 1.29 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ตามลำดับ และส่วนของ latent heat ในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast freezing จะยาวนานกว่า cryogenic freezing เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 6 เดือนพบว่าผลิตภัณฑ์ catfish fillet ที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี Cryogenic freezing มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการ air blast freezing เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ ซึ่ง พบว่าอัตราการแช่เยือกแข็งเท่ากับ 0.419 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ มีอัตราการแช่เยือกแข็งที่ใกล้เคียงกันกับการแช่เยือกแข็งแบบ air blast freezing แม้จะเป็นผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด

จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 3 รูปแบบคือ ข้าวยาไม่ทอด/แช่เยือกแข็ง ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง ศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ คือ คุณภาพทางด้านเคมี คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8-10

3.1 คุณภาพทางด้านเคมี

องค์ประกอบต่างๆทางเคมีของผลิตภัณฑ์ 3 รูปแบบแสดงดังตารางที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของข้าวยำน้ำบูดูจากการศึกษาของ บุษบา โกมลมณี. (2552) ซึ่งสูตรของข้าวยาประกอบด้วย ข้าวสุก ถั่วอก ตะไคร้ซอย ถั่วฝักยาวซอย แต่งกว้าหนัหายาบ ส้มโอแกะเอาแต่น้ำ กุ้งแห้งบด มะพร้าวคั่ว และน้ำบูดูปรุงรส ร้อยละ 54 6 1 9 9 9 4 2 และ 6 ตามลำดับ ข้าวยาสูตรดังกล่าวประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 12.58 ไขมันร้อยละ 4.59 เยื่อใยร้อยละ 1.79 เถ้าร้อยละ 0.33 ความชื้นร้อยละ 60.40 เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวยาทอดแต่เยือกแข็งจะพบว่า ปริมาณโปรตีนของข้าวยาทอดต่ำกว่า เนื่องจาก ส่วนนอกของก้อนข้าวยาทอดจะประกอบด้วยแป้งชุบทอดและเกล็ดขนมปัง ทำให้ร้อยละของโปรตีนในข้าวยาทอดน้อยกว่าปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าของข้าวยาทอด เนื่องจาก การทอดจะมีการสูญเสียไอน้ำบางส่วน และความแตกต่างของผักที่ใช้เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ผักที่มีปริมาณความชื้นต่ำ เพื่อลดการสูญเสียไอน้ำในระหว่างการทอด และการแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญคือโปรตีน ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 7.67 เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์หมุยอ จากการศึกษารองของ Ritthiruangdej et al. (2011) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัตว์เป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.5 ดังนั้นจึงถือว่าผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแต่เยือกแข็งที่ผลิตได้มีคุณค่าทางอาหารในแง่ของปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับหมุยอ ค่า a_w ของข้าวยาทอดเท่ากับ 0.97 ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับอาหารที่เน่าเสียง่าย ผัก เนื้อ ปลา เป็นต้น (Fennema, 1996) ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5.396 - 5.496 mg malondialdehyde/kg sample ซึ่งจากการศึกษาของ Lake and Scholes (1997) พบว่า น้ำมันที่มีการออกซิเดชันปานกลางมีค่า TBARS เท่ากับ 6.732 mg malondialdehyde/kg ส่วนกรณีเกิดออกซิเดชันสูงมีค่า TBARS เท่ากับ 16.913 mg malondialdehyde/kg

ตารางที่ 10 คุณภาพทางด้านเคมี ของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง

	ชนิดของผลิตภัณฑ์		
	ข้าวยาไม่ทอด/ แช่เยือกแข็ง)	ข้าวยาทอด /ไม่แช่เยือกแข็ง	ข้าวยาทอด /แช่เยือกแข็ง
โปรตีน (ร้อยละ)	7.63 ± 0.03	7.59 ± 0.09	7.67 ± 0.10
ไขมัน (ร้อยละ)	3.67 ± 0.08	19.44 ± 0.54	17.33 ± 0.07
เถ้า (ร้อยละ)	1.13 ± 0.02	1.27 ± 0.02	1.22 ± 0.01
ความชื้น (ร้อยละ)	49.66 ± 0.10	41.68 ± 0.52	43.26 ± 0.20
Aw	0.98 ± 0.00	0.97 ± 0.00	0.97 ± 0.00
TBAR (mg malondialdehyde/ kg sample)	-	5.396 ± 0.006	5.496 ± 0.109

2.2 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

การศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 11 การศึกษาครั้งนี้ตรวจหา Coliform เพื่อตรวจสอบสุขลักษณะของการผลิต การตรวจหา *S. aureus* และ *B. cereus* เนื่องจากเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษที่พบกระจายอยู่ทั่วไปทั้งในธรรมชาติ โดยมีการกำหนดไว้ในมาตรฐานของอาหารปรุงสุกทั่วไป ตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) การตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมดตามมาตรฐานของอาหารปรุงสุกทั่วไป ตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ส่วนการตรวจหา Psychotropic bacteria เพื่อตรวจหาจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียอาหารที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น (cold storage) อาหารแช่เยือกแข็ง (frozen food) หรือระหว่างการละลายอาหารแช่แข็ง (thawing) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ .นิตยา รัตนานนท์, 2557) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาเป็นอาหารแช่เยือกแข็ง แต่ไม่มีการกำหนดมาตรฐานในประกาศของกรม วิทยาศาสตร์การแพทย์ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็งมีมาตรฐานทางจุลินทรีย์ตามรายการที่ตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตารางที่ 11 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยา
ทอด/แช่เยือกแข็ง

รายการตรวจสอบ	ชนิดของผลิตภัณฑ์			มาตรฐาน กำหนด
	ข้าวยา (ไม่ ทอด แช่ แข็ง)	ข้าวยาทอด (ไม่แช่แข็ง)	ข้าวยาทอด (แช่แข็ง)	
MPN Coliform ต่อกรัม	1.1×10^2	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 500 ^a
S. aureus ต่อกรัม	20	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 100 ^b
B. cereus ต่อกรัม	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 100 ^b
จุลินทรีย์ทั้งหมด ต่อกรัม	4.55×10^2	-	-	น้อยกว่า 1×10^{6b}
Psychotropic bacteria ต่อกรัม	7.71×10^2	-	-	-

หมายเหตุ: ^a กองควบคุมอาหาร (2552) :

^b กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553)

3.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง แสดงดังตารางที่ 12 โดยนำข้าวยาทอดแช่เยือกแข็งมาทอดซ้ำอีกครั้งก่อนการทดสอบชิม คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ในทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก (ประมาณ 7-8) นั่นคือผู้บริโภคมีความพอใจต่อผลิตภัณฑ์ หรือยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 12 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอด/ไม่แช่เยือกแข็ง และข้าวยาทอด/แช่เยือกแข็ง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ชนิดของผลิตภัณฑ์		
	ข้าวยา (ไม่ทอดแช่แข็ง)	ข้าวยาทอด (ไม่แช่แข็ง)	ข้าวยาทอด (แช่แข็ง)
สี	7.83 ± 0.65	8.45 ± 0.62	8.23 ± 0.63
กลิ่น	7.97 ± 0.72	8.37 ± 0.61	8.33 ± 0.61
รสชาติ	7.90 ± 0.80	8.43 ± 0.57	8.50 ± 0.51
เนื้อสัมผัส	7.75 ± 0.68	8.47 ± 0.63	8.17 ± 0.46
ความชอบรวม	7.85 ± 0.68	8.50 ± 0.57	8.57 ± 0.50

หมายเหตุ: คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9: ชอบมากที่สุด 1: ไม่ชอบมากที่สุด)

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวยาทอดกิ่งสำเร็จรูป

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวยาทอด และข้าวยาก้อนชุบแป้งคลุกเกล็ดขนมปังที่ยังไม่ทอด โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C โดยบรรจุในกล่องพลาสติก ชนิด PVC ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด วัดค่าการเกิดกลิ่นหืน (Thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เก็บรักษาผลิตภัณฑ์จนผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการยอมรับผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 13

จากตารางที่ 13 พบว่าเมื่อพิจารณาคุณภาพทางจุลินทรีย์ยังมีค่าที่ไม่สูงมาก แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งทดสอบโดยการทดสอบคุณภาพโดยรวม (กำหนด 9-10 เท่ากับ match (เหมือนตัวอย่างควบคุม) 6-8 เท่ากับ acceptable 3-5 เท่ากับ unacceptable และ 1-2 เท่ากับ reject) เมื่อเก็บรักษาได้ 4 วัน ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นผิดปกติ และมีลักษณะที่เหนียวซึ่งอาจเป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อ แต่การทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการตรวจสอบเชื้อรา ส่วนค่า TBARS เมื่อเก็บรักษาได้ 4 วัน ตัวอย่างมีค่า TBARS เท่ากับ 10.532 mg malondialdehyde/kg ซึ่งการศึกษาของ Lake and Scholes (1997) พบว่าน้ำมันที่มีการออกซิเดชันปานกลางมีค่า TBARS เท่ากับ 6.732 mg malondialdehyde/kg ส่วนกรณีเกิดออกซิเดชันสูงมีค่า TBARS เท่ากับ 16.913 mg malondialdehyde/kg

ตารางที่ 13 คุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ข้าวยาทอด และข้าวยาก่อนชุบแป้งคลุก
 เกิดขนมปังที่ยังไม่ทอด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C

คุณภาพ / ระยะเวลาเก็บรักษา	ผลิตภัณฑ์	
	ข้าวยาทอด	ข้าวยาก่อน/ไม่ทอด
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)		
0 วัน	<10	<10
2 วัน	<10	4.55 x 10 ²
4 วัน	<10	4.80 x 10 ²
TBARS (mg malondialdehyde/kg sample)		
0 วัน	5.396 ± 0.004	-
2 วัน	8.351 ± 0.004	-
4 วัน	10.532 ± 0.004	-
การทดสอบคุณภาพโดยรวม		
0 วัน	9.833 ± 0.389	9.833 ± 0.389
2 วัน	7.750 ± 0.452	6.250 ± 0.754
4 วัน	3.417 ± 1.084	2.417 ± 0.793

5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดกึ่งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็งที่ได้รับการพัฒนามาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปได้แก่ นักศึกษา ข้าราชการ ลูกจ้างที่ทำงานอยู่ในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จำนวน 100 คน ผลการศึกษามีดังนี้

5.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคซึ่งเป็นกลุ่มคนที่อาศัยอยู่ภายในมหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัยวิทยาเขตตรัง จำนวน 100 คน ประกอบด้วยเพศชายร้อยละ 43 เพศหญิงร้อยละ 57 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 21-25 ปี โดยการศึกษาในระดับปริญญาตรีร้อยละ 88 โดยมีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ 2001-5000 บาท โดยประกอบด้วยนักศึกษาร้อยละ 64 ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะอยู่ในจังหวัดตรังร้อยละ 82 สถานภาพโสดร้อยละ 80 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค (ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
1. เพศ	
- ชาย	43
- หญิง	57
2. อายุ	
- ต่ำกว่า 15 ปี	-
- 15-20ปี	8
- 21-25 ปี	62
- 26-30 ปี	14
- 31-35 ปี	11
- 36-40 ปี	1
- มากกว่า 40 ปี	4
3. ระดับการศึกษา	
- ประถม	-
- มัธยมศึกษาตอนต้น	2
- มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช	2
- อนุปริญญา / ปวส	5
-ปริญญาตรี	88
-สูงกว่าปริญญาตรี	3
4. รายได้ต่อเดือน	
- ไม่มีรายได้ (ยังไม่ทำงาน)	21
- ต่ำกว่า 2,000 บาท	3
- 2,001-5,000 บาท	39
- 5,000-10,000 บาท	14
- มากกว่า 10,000 บาท	23

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
5. อาชีพ	
- รับราชการ	7
- ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว	4
- ลูกจ้างหน่วยงานรัฐบาล	13
- แม่บ้าน	4
- ลูกจ้างบริษัท	2
- รับจ้าง / แรงงาน	6
- นักศึกษา / นักเรียน	64
6. สถานภาพ	
- โสด	80
- สมรส	20
- หย่าร้าง	-
- แยกกันอยู่	-
7. ที่อยู่ปัจจุบัน	
- จังหวัดตรัง	82
- จังหวัดอื่น	18

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 15) พบว่าจากจำนวนผู้บริโภคที่ทำการสำรวจ 100 คน ผู้บริโภคทุกคนไม่เคยบริโภคข้าวยาทอด จึงถือว่าผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 63) ตัดสินใจทดลองสินค้าเมื่อสินค้ามีการส่งเสริมการขาย ส่วนเหตุผลในการเลือกซื้อนั้น ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับเรื่องของรสชาติ รองลงมาคือ คุณภาพ และราคา ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง

รายละเอียด	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
1. ท่านเคยบริโภคข้าวยาทอดแช่เยือกแข็งหรือไม่	
- เคย	-
- ไม่เคย	100
2. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง ออกวางจำหน่ายท่านจะตัดสินใจทดลองสินค้า ทันทีหรือไม่	
-ทดลองซื้อทันที	23
-รอให้สินค้าได้รับความนิยมแล้วจึงซื้อ	14
-ทดลองเมื่อสินค้ามีการส่งเสริมการขาย ได้แก่ ชิมฟรี แจกฟรี	63
3. ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือก แข็งท่านให้ความสำคัญกับส่วนไหนมากที่สุด กรุณาเรียงลำดับความสำคัญของเหตุผลในการ เลือกซื้อ	
- ราคา	18
- รสชาติ	44
- คุณภาพ	22
- คุณค่าทางอาหาร	9
- ตราสินค้า / ยี่ห้อ	3
- การโฆษณา	3
- ภาชนะบรรจุ	1

สำหรับสถานที่ที่เหมาะสมในการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ ร้านค้าสะดวกซื้อ
รองลงมาคือ ซูเปอร์มาร์เก็ต และห้างสรรพสินค้า ตามลำดับ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนน
ความชอบอยู่ในระดับชอบมาก และผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับผลิตภัณฑ์ (คะแนนความชอบ
มากกว่า 5)

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รายละเอียด	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
4. เห็นว่าสถานที่ใดบ้างที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง	
- ห้างสรรพสินค้า	13
- ร้านค้าสะดวกซื้อ	43
- ซูเปอร์มาร์เก็ต	42
- อื่น ๆ	2
5. กรุณาให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง	
- คะแนนความชอบ = 7 (ชอบปานกลาง)	17
- คะแนนความชอบ = 8 (ชอบมาก)	46
- คะแนนความชอบ = 9 (ชอบมากที่สุด)	37

สรุปผลการทดลอง

การศึกษากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็งในครั้งนี้พบว่า สูตรของน้ำนึ่งสุก รสที่เหมาะสมซึ่งใช้ในการผลิตข้าวยาประกอบด้วย น้ำนึ่งสุก 200 กรัม น้ำตาล 100 กรัม น้ำมะนาว 50 กรัม น้ำมะขามเปียก 40 กรัม ตะไคร้ 30 กรัม และ ใบมะกรูด 20 กรัม การใช้แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำนึ่งสุกช่วยให้การยึดเกาะของก้อนข้าวยามีการยึดเกาะดีที่สุด สภาวะในการแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (จนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็ง 113 นาที ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งเท่ากับ 1.20 cm/h ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.67 มีความปลอดภัยทางจุลินทรีย์ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการ อายุการเก็บรักษา 4 วัน ผู้บริโภคทั่วไปตัดสินใจทดลองสินค้าเมื่อสินค้ามีการส่งเสริมการขาย ส่วนเหตุผลในการเลือกซื้อนั้น ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับเรื่องของ รสชาติ รongลงมาคือ คุณภาพ และราคา ตามลำดับ สำหรับสถานที่ที่เหมาะสมในการวางจำหน่าย ผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ ร้านค้าสะดวกซื้อ รองลงมาคือ ซูเปอร์มาร์เก็ต และห้างสรรพสินค้า ตามลำดับ การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคทั่วไปยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยาทอดแช่เยือกแข็ง เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวยาซึ่งเป็นอาหารพื้นบ้านของภาคใต้ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน ออกสู่ตลาดที่มีความกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่อง เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2 (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY/dmscguide1.pdf> (16 ธันวาคม 2556)
- กองควบคุมอาหาร. 2552. คู่มือการปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. สืบค้นจาก : [newsser.fda.moph.go.th/food/file/benefittrader/benefitlaw/manual_of_law03p313\(update_oct9_2009\).pdf](http://newsser.fda.moph.go.th/food/file/benefittrader/benefitlaw/manual_of_law03p313(update_oct9_2009).pdf). (16 ธันวาคม 2556)
- กองโภชนาการ. 2535. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วต่างๆ 100 กรัม. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- นนุช รักสกุลไทย. 2538. กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตยา รัตนานนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 160 น.
- บุษบา โกมลมณี. 2552. ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น คุณค่าทางโภชนาการ และสภาวะในการเก็บรักษาที่เหมาะสมของข้าวย่ำน้ำนึ่งพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิตยา รัตนานนท์. 2557. Psychrophilic bacteria / แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : [http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1192/psychrophilic-bacteria-แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ.\(3 มกราคม 2557\)](http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1192/psychrophilic-bacteria-แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ.(3 มกราคม 2557))
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2532. การแปรรูปอาหารโดยการแช่เยือกแข็ง. ใน กรรมวิธีแปรรูปอาหาร. หน้า 205-243. โอ. เอส. พริ้นติ้ง. แฮ้าส์. กรุงเทพมหานคร.
- วิไลวัลย์ อินทรไชยมาศและคณะ. 2551. การใช้ผักพื้นบ้านในการทำข้าวย่ำนึ่ง. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- สถาบันอาหาร. 2552. แนวโน้มอุตสาหกรรมอาหารพร้อมปรุง-พร้อมทานในตลาดโลกกับอนาคตที่สดใส. อุตสาหกรรมสาร, 52, 5-7.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. กระบวนการแช่เยือกแข็งอาหาร. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. หน้า 131-163. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชัน จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- ศรีสมร คงพันธุ์. 2542. ข้าวย่า งานเดี่ยวครบถ้วน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.elib-online.com/doctors/food_rice.html (2 กรกฎาคม 2554)
- ศศิพินท์ ดิษนน. 2547. ข้าวย่าปักข์ได้. หมอชาวบ้าน. 26 : 74-75.
- Anzaldua-morales, A., Bruswitz, G. H. and Anderson, J. A. (1999). Pecan texture as affected by freezing rates, storage temperature and thawing rates. *Journal of Food Science* 64(2): 332-335.
- A.O.A.C. 2000. Official Method of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- APHA . 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, Vol. 4, Washington, DC: American Public Health Associations.
- BAM. 2002. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. In FDA bacteriological analytical manual (online). Available from <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948.html> (November, 2013).
- BAM. 2012. *Bacillus cereus*. In FDA bacteriological analytical manual (online). Available from <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070875.html> (November, 2013).
- Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T. and Takai, R. 2007. Effect of freezing and thawing on the quality of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. *Journal of Food Engineering* 80: 292-299.
- Buege, J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. In S. Fleischer, and L. Packer (Eds.), pp. 302-310. *Methods in enzymology*. New York: Academic Press.

- Espinoza Rodezno, L.A., Sundararajan, S. , Solval, K. M. , Chotiko, A., Li, J., Zhang, J. , Alfaro, L. , Bankston, J. D. and Sathivel, S. 2013. Cryogenic and air blast freezing techniques and their effect on the quality of catfish fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 54, 377- 382.
- Eyas Ahamed, M., Anjaneyulu, A.S.R. , Sathu, T., Thomas, R. and Kondaiah, N. (2007). Effect of different binders on the quality of enrobed buffalo meat cutlets and their shelf life at refrigeration storage (4 ± 1 °C). *Meat Science* 75: 451–459.
- Fennema, O.R. 1996. Water and ice. In O.R. Fennema (Ed.), pp.17-94. *Food Chemistry*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fennema, O. R., Karel, M. and Lund, D. B. 1975. Freezing preservation. *In* O. R. Fennema (Ed.), pp. 173-215. *Principles of food sciences part II. Physical principles of food preservation*. New York: Marcel-Dekker.
- Hughes, E., Mullen, A. M., & Troy, D. J. 1998. Effect of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat. *Meat Science* 48: 169–180.
- George, R. 1993. Freezing processes used in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 4(5): 134-138.
- Kolbe, E. and Kramer, D. 2007. *Planning for seafood freezing*. Fairbanks, Alaska: University of Alaska Fairbanks.
- Lake, R.J. and Scholes, P. 1997. Quality and consumption of oxidized lipids from deep-frying fats and oils in New Zealand . *Journal of the American Oil Chemists' Society* 74(9): 1065-1068.
- Lake, R.J. and Scholes, P. 1997. Quality and consumption of oxidized lipids from deep-frying fats and oils in New Zealand . *Journal of the American Oil Chemists' Society* 74(9): 1065-1068.
- Lawless, H.T. and Heymann, H. 1999. *Sensory Evaluation of Food: Principle and Practtices*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg.

- Leszkowiat, M.J., V. Barichello, R.Y. Yada, R.H. Coffin, E.C. Loughheed and D.W. Stanley. 1990. Contribution of Sucrose to Nonenzymatic Browning in Potato Chips. *Journal of Food Science*. 55(1): 281-284.
- Min, D. B. 1998. Lipid Oxidation of Edible Oil. *In* C.C.Akoh and D.B. min (Eds.), pp. 167-180. *Lipid Chemistry, Nutrition, and Biotechnology..* Marcel Dekker. New York.
- Pan, B.S. and Yen, W.T. 1993. Biochemical and Morphological changes in grass shrimp (*Penaeus monodon*) muscle following freezing by air blast and liquid nitrogen method. *Journal of Food Biochemistry* 17: 147-160.
- Pokorny, J. 1999. Change of Nutrients at Frying Temperature, *In* *Frying of Food: oxidation, nutrient and non nutrient antioxidant' s, biologically active compounds and high temperature.* Technomic Publishing, Lancaster. 276 p.
- Ritthiruangdej, P., Ritthiron, R. , Shinzawa, H. and Ozaki, Y. 2011. Non-destructive and rapid analysis of chemical compositions in Thai steamed pork sausages by near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry* 129: 684–692.
- Schiffman, R. F. 1996. The Technology of Microwavable Coated Foods. *In* K. Kulp and R. Loewe (Eds.), p. 153-162. *Batter and Breading in Food Processing.* American Association of Cereal Chemist. St. Paul.
- Sison, E. C. and Almira, E. C. 1975. Utilization of starchy materials in meat preparations. *Phillipine-Agriculturist* 59: 137–146.
- Speck, M.L. 1976. *Compendium of Method for the Microbiological Examination of Food.* American Public Health Association, Inc. Washington, D.C.
- Theansuwan, W. 2007. A study of manufacturing of lime powder by vacuum freeze drying. Thesis (Ph.D.). Mechanical Engineering, Graduate School, Khon Kaen University,

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ส่วนผสมในการเตรียมหมูปรุงรส



ภาพผนวกที่ 2 ส่วนผสมในการเตรียมข้าวยำ



ภาพผนวกที่ 3 ข้าวย่ำก้อน (ก่อนการชุบแป้งและคลุกเกล็ดขนมปัง)



ภาพผนวกที่ 4 ผลิตภัณฑ์ข้าวย่ำทอด