

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษา

4.1.1 การเตรียมข้าวตอกจากข้าวเปลือกหอมมะลิจีเอพีโดยใช้ตู้อบไมโครเวฟ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวตอกโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ที่ระดับความร้อนสูง (850 วัตต์) โดยศึกษาเวลาในการให้ความร้อน (30-120 วินาที) อุณหภูมิทำแห้งข้าวเปลือก (45-75 องศาเซลเซียส) และความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก (10-20 เปอร์เซ็นต์) ที่เหมาะสม ทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพด้านอัตราการพองตัวโดยปริมาตร อัตราการพองตัวโดยน้ำหนัก ความหนาแน่นโดยรวม และ puffing ratio แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวตอกหอมมะลิ จี.เอ.พี

ปัจจัย				Physical properties			
เวลาให้ ความร้อน (วินาที)	อุณหภูมิ ทำแห้ง (องศา เซลเซียส)	ความชื้น เมล็ดข้าว (เปอร์เซ็นต์)	การ แตก ของ เมล็ด ข้าว (%)	Weight expansion ratio	Volume expansion ratio	Bulk density (g/cm ³) ns	Puffing ratio
30	45	10	1.54 ^m	3.25 ^b	3.33 ^{ab}	1.03	1.67 ^b
120	45	10	43.07 ^b	3.25 ^b	3.33 ^{ab}	1.03	1.67 ^b
30	75	20	13.06 ^j	0.98 ^c	2.67 ^b	1.02	0.67 ^c
120	75	20	9.24 ⁱ	0.98 ^c	2.67 ^b	1.02	0.67 ^c
30	60	15	0.77 ⁿ	3.72 ^a	3.56 ^{ab}	0.97	1.33 ^b
120	60	15	36.16 ^d	3.65 ^a	3.56 ^{ab}	0.97	1.33 ^b
30	60	20	10.02 ^k	0.99 ^c	2.67 ^b	1.01	0.60 ^c
120	60	20	26.15 ^h	0.99 ^c	2.67 ^b	1.01	0.60 ^c

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวดอกหอมมะลิ จี.เอ.พี (ต่อ)

ปัจจัย				Physical properties			
เวลาให้ ความร้อน (วินาที)	อุณหภูมิ ทำแห้ง (องศา เซลเซียส)	ความชื้น เมล็ดข้าว (เปอร์ เซ็นต์)	การแตก ของเมล็ด ข้าว (%)	Weight expansion ratio	Volume expansion ratio	Bulk density (g/cm ³) ns	Puffing ratio
75	45	10	30.78 ^e	3.70 ^a	3.83 ^a	1.04	1.39 ^b
75	75	10	34.63 ^c	3.89 ^a	4.00 ^a	1.03	2.39 ^a
75	45	20	55.34 ^a	0.98 ^c	2.67 ^b	1.03	0.67 ^c
75	75	20	41.51 ^c	0.99 ^c	2.67 ^b	1.01	0.60 ^c
75	60	15	24.61 ⁱ	3.65 ^a	3.39 ^{ab}	0.97	1.33 ^b
75	60	15	31.54 ^f	3.65 ^a	3.39 ^{ab}	0.97	1.33 ^b
75	60	15	26.13 ^h	3.65 ^a	3.39 ^{ab}	0.97	1.33 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวดอกโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูง (850 วัตต์) โดยศึกษาเวลาในการให้ความร้อน (30, 75 และ 120 วินาที) อุณหภูมิทำแห้งข้าวเปลือก (45, 60 และ 75 องศาเซลเซียส) และความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก (10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์) พบว่า เวลาในการให้ความร้อนมีผลต่อการแตก การพองตัว และสีของเมล็ดข้าว โดยเวลาในการให้ความร้อนที่มากขึ้นไป จะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกแตกตัวได้มาก แต่มีลักษณะไหม้ได้ ข้าวดอกที่มีสีน้ำตาล-ดำ มีกลิ่นเหม็นไหม้ ส่วนเวลาที่น้อยเกินไป เมล็ดข้าวเปลือกจะแตกตัวได้น้อยมาก แต่จะให้ข้าวดอกที่มีลักษณะดี สีขาว

ความชื้นของเมล็ดข้าวมีผลต่อการแตก และการพองตัวของเมล็ดข้าว โดยเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ เมื่อนำมาให้ความร้อน จะแตกเป็นข้าวดอกได้มากกว่า พองตัวได้ดีกว่า และได้ข้าวดอกที่มีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง

ส่วนอุณหภูมิในการทำแห้ง ไม่ว่าจะลดความชื้นในเมล็ดข้าวอย่างรวดเร็ว หรือค่อยๆลดความชื้นลงช้าๆ ก็ไม่ทำให้เมล็ดข้าวแตกตัว และพองตัวแตกต่างกันมากจนเห็นได้ชัด หรือแทบไม่มี

ผลต่อส่วนนี้เลย ฉะนั้น การเตรียมข้าวตอกจึงไม่จำเป็นต้องนำเมล็ดข้าวเปลือกไปเพิ่มความชื้น แล้วลดความชื้นลง สามารถนำเมล็ดข้าวที่มีความชื้นพอเหมาะ ไปผ่านกระบวนการทำข้าวตอกได้เลย

จากนั้นนำข้าวตอกหอมมะลิ จี.เอ.พี ที่มีลักษณะปรากฏ และปริมาณการแตกในระดับที่ยอมรับได้ ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็ง และความชอบรวมของข้าวตอกจากข้าวเปลือกหอมมะลิจีเอพี โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวตอกหอมมะลิ จี.เอ.พี

ปัจจัย			Characteristics			
เวลาให้ความร้อน (วินาที)	อุณหภูมิทำแห้ง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นเมล็ดข้าว (เปอร์เซ็นต์)	Appearance	Color	Hardness	Overall liking
120	45	10	7.27 ^a	7.37 ^{ab}	7.27 ^{ab}	7.47 ^a
120	60	15	7.33 ^a	7.40 ^{ab}	7.03 ^{ab}	7.40 ^a
75	45	10	7.57 ^a	7.70 ^a	7.50 ^{ab}	7.60 ^a
75	75	10	7.53 ^a	7.73 ^a	7.67 ^a	7.83 ^a
75	45	20	6.50 ^b	6.67 ^c	6.30 ^{cd}	6.57 ^b
75	75	20	6.60 ^b	6.87 ^{bc}	6.07 ^d	6.57 ^b
75	60	15	7.27 ^a	7.37 ^{ab}	6.90 ^{bc}	7.40 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวตอกโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ที่ระดับความร้อนสูง (850 วัตต์) โดยศึกษาเวลาในการให้ความร้อน (30-120 วินาที) อุณหภูมิทำแห้งข้าวเปลือก (45-75 องศาเซลเซียส) และความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก (10-20 เปอร์เซ็นต์) พบว่าข้าวตอกที่เตรียมโดยใช้เวลาในการให้ความร้อน 75 วินาที อุณหภูมิในการทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก 10 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบมากที่สุด จึงนำสิ่งทดลองดังกล่าวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง แล้วนำมาศึกษาเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยผลิตให้ได้เนื้อสัมผัสที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ แบบเหนียวนุ่ม และแบบกรอบร่วน นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทาง

กายภาพ ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4 และทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงผลการประเมินดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

อาหารขบเคี้ยว ชนิดแท่ง	Physical properties				
	Color			Texture	a _w
	L	a	b		
กรอบร่วน	30.47 ^b	2.35 ^a	7.65 ^b	269.51 ^a	0.50 ^b
เหนียวนุ่ม	32.93 ^a	-3.38 ^b	12.48 ^a	113.68 ^b	0.64 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ค่าความสว่าง L ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีความสว่างมากขึ้น
ค่า a เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีแดง และค่า a เป็นค่าลบ แสดงว่า ออกสีเขียว
ค่า b เป็นค่าบวก แสดงว่า ออกสีเหลือง และค่า b เป็นค่าลบ แสดงว่า ออกสีน้ำเงิน
การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ด้านค่าสี พบว่า ค่าสี L, a และ b ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีเนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วนและแบบเหนียวนุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เนื่องจากส่วนผสมของน้ำเชื่อมแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบกรอบร่วน มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 269.51 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่ม

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ด้านค่า a_w (ปริมาณน้ำในอาหาร) พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่ม มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.64 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบกรอบร่วน

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง	Characteristics		
	Appearance ^{ns}	Hardness ^{ns}	Overall liking ^{ns}
กรอบร่วน	7.53	7.17	7.43
เหนียวนุ่ม	7.07	6.80	7.10

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด คือ เนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วน โดยมีคะแนนชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ดังนี้ 7.53, 7.17 และ 7.43 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ที่มีเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่ม

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ที่มีเนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วน มาศึกษาปริมาณเนื้อปลาที่มีผลต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง โดยแปรปริมาณเนื้อปลาที่ 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และ a_w ซึ่งแสดงผลการตรวจสอบดังตารางที่ 6 และทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงผลการประเมินดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิเอพี (GAP)

ปริมาณเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์)	Physical properties			
	Color			a_w
	L	a^{ns}	b	
10	47.60 ^a	-1.43	8.36 ^d	0.49 ^c
15	45.71 ^b	-0.20	9.93 ^c	0.50 ^{bc}
20	42.06 ^c	-0.35	11.30 ^b	0.51 ^{ab}
25	41.37 ^c	-1.10	13.84 ^a	0.52 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าความสว่าง L ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีความสว่างมากขึ้น

ค่า a เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีแดง และค่า a เป็นค่าลบ แสดงว่า ออกสีเขียว

ค่า b เป็นค่าบวก แสดงว่า ออกสีเหลือง และค่า b เป็นค่าลบ แสดงว่า ออกสีน้ำเงิน

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ด้านค่าสี พบว่า ค่า L, a และ b ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อปลา 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากปริมาณเนื้อปลาที่แตกต่างกัน มีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน คือ ถึงทดลองที่ใส่ปริมาณเนื้อปลามากขึ้น ค่าสีเหลือง (b) ก็จะมากขึ้นด้วย

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ด้านค่า a_w (ปริมาณน้ำในอาหาร) พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อปลา 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.52 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อปลา 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อปลา 20 เปอร์เซ็นต์ นั่นหมายความว่า ปริมาณเนื้อปลาที่มากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) ของผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย

ตารางที่ 7 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลา จากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

ปริมาณเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์)	Characteristics			
	Color	Fish odor	Sweetness ^{ns}	Overall liking
10	7.33 ^b	6.80 ^c	7.00	7.13 ^b
15	7.33 ^b	7.07 ^{bc}	7.13	7.23 ^{ab}
20	7.67 ^a	7.33 ^b	7.33	7.47 ^{ab}
25	7.70 ^a	7.80 ^a	7.17	7.63 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อปลา 25 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด โดยมีคะแนนชอบด้านสี กลิ่นปลา รสหวานและความชอบรวม ดังนี้ 7.70, 7.80, 7.17 และ 7.63 ตามลำดับ ตารางที่ 8 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) โดยการทดสอบแบบ Just-about-right-scale

ปริมาณเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์)	Characteristics			
	Color	Fish odor ^{ns}	Sweetness ^{ns}	Overall liking ^{ns}
10	2.43 ^c	2.70	3.40	3.02
15	2.82 ^b	2.76	3.47	2.96
20	2.94 ^{ab}	2.98	3.64	3.35
25	3.20 ^a	2.91	3.30	3.30

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า ผู้บริโภครับ
คะแนนความพอใจของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อมี 25 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด โดยมี
คะแนนพหุค่านี กลิ่นปลา รสหวานและความชอบรวม ดังนี้ 3.20, 2.91, 3.30 และ 3.30 ตามลำดับ
ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่ปริมาณเนื้อมี 20 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาปริมาณเนื้อมีต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า อาหารขบ
เคี้ยวชนิดแท่ง ที่มีเนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วน และใส่ปริมาณเนื้อมี 25 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนน
การยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากที่สุด โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point
hedonic scale) ร่วมกับวิธี Just-about right scale (JAR)

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งดังกล่าว มาศึกษาระยะเวลาการอบที่
เหมาะสม โดยใช้ตู้อบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ (ray dryer) เป็นเวลา
0, 10, 15 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพ
คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ a_w ซึ่งแสดงผลการตรวจสอบดัง
ตารางที่ 9 และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงผลการประเมินดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริม

โปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

ระยะเวลาการอบ (นาที)	Physical properties	Chemical properties
	a_w	ความชื้น
0	0.59 ^a	4.36 ^a
10	0.51 ^b	3.62 ^a
15	0.45 ^c	2.38 ^b
20	0.43 ^c	1.90 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับแสดงแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจาก
ข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ด้านค่า a_w (ปริมาณน้ำในอาหาร) พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่
ผ่านการอบด้วยเวลา 0 นาที มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.59 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผ่านการอบด้วยเวลา 10, 15 และ 20 นาที

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ด้านปริมาณความชื้นพบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผ่านการอบด้วยเวลา 0 นาที มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.59 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผ่านการอบด้วยเวลา 15 และ 20 นาที แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผ่านการอบด้วยเวลา 10 นาที

ตารางที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

ระยะเวลาการอบ (นาที)	Characteristics				
	Color	Fish odor	Sweetness	hardness	Overall liking
0	7.13 ^b	7.10 ^b	7.43 ^b	5.53 ^b	6.00 ^c
10	7.37 ^{ab}	7.27 ^b	7.70 ^{ab}	7.07 ^a	7.17 ^b
15	7.60 ^a	7.70 ^a	7.93 ^a	7.67 ^a	8.10 ^a
20	7.10 ^b	7.07 ^b	7.43 ^b	7.03 ^a	7.20 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับแสดงความแตกต่างกันตามแนวดังแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การศึกษาระยะเวลาการอบที่เหมาะสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ที่ใช้ระยะเวลาการอบผลิตภัณฑ์หลังขึ้นรูปแท่ง นาน 15 นาที ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีคะแนนชอบด้านสี กลิ่นปลา รสหวาน ความแข็งและความชอบรวม ดังนี้ 7.60, 7.70, 7.93, 7.67 และ 8.10 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 กับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใช้ระยะเวลาการอบผลิตภัณฑ์หลังขึ้นรูปแท่ง นาน 0, 10 และ 20 นาที

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ที่ทำจากข้าวตอกที่เตรียมโดยใช้เวลาในการให้ความร้อน 75 วินาที อุณหภูมิในการทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก 10 เปอร์เซ็นต์ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเป็นแบบกรอบร่วน ใส่ปริมาณเนื้อปลา 25 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการอบ 15 นาที ซึ่งได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากที่สุด มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ซึ่งแสดงผลการตรวจสอบดังตารางที่ 11 และตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ แสดงผลการตรวจสอบดังตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหาร
ขนมเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

ปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี	
L	41.13
a	1.67
b	9.46
ค่าเนื้อสัมผัส (นิวตัน)	34.61
ค่า a_w	0.45
คุณภาพทางเคมี (ร้อยละ)	
ความชื้น	2.46
ไขมัน	7.98
โปรตีน	4.81
คาร์โบไฮเดรต	82.11
เส้นใย	0.91
เถ้า	1.73

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี ของผลิตภัณฑ์อาหารขนมเคี้ยวชนิด
แท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ที่ทำจากข้าวตอกหอมมะลิซึ่งใช้เวลาใน
การให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส ใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และความชื้นของ
เมล็ดข้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วน ได้ปริมาณเนื้อปลา 20 เปอร์เซ็นต์ และใช้
เวลาในการอบ 15 นาที ที่มีผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด พบว่า คุณภาพทางกายภาพด้านสี
อาหารขนมเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) มีค่าความสว่าง (L)
เท่ากับ 41.13 ค่าสีแดง (a) เท่ากับ 1.67 ค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 9.46 ค่าเนื้อสัมผัส (แรงกด) เท่ากับ
34.61 นิวตัน และค่า a_w เท่ากับ 0.45

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารขนมเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลา
จากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) พบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.46 ไขมันร้อยละ 7.98 โปรตีน
ร้อยละ 4.81 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 82.11 เส้นใยร้อยละ 0.91 และ เถ้าร้อยละ 1.73

ตารางที่ 12 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

การตรวจสอบคุณภาพ	ผลการตรวจสอบ (โคโลนี/กรัม)	ค่าที่ยอมรับได้ (โคโลนี/กรัม)
จุลินทรีย์ทั้งหมด	7.0×10^2	$<1.0 \times 10^3$
ยีสต์และรา	19	<100

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ที่ทำจากข้าวตอกหอมมะลิซึ่งใช้เวลาในการให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส ใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และความชื้นของเมล็ดข้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วน ใส่ปริมาณเนื้อปลา 20 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการอบ 15 นาที ที่มีผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.0×10^2 โคโลนีต่อกรัม และการตรวจนับจำนวนยีสต์และรา พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อยีสต์และรา 19 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เกินกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดไว้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) สูตรที่เหมาะสมในการผลิต คือ ทำจากข้าวตอกหอมมะลิซึ่งใช้เวลาในการให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส ใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และความชื้นของเมล็ดข้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเนื้อสัมผัสแบบกรอบร่วน ใส่ปริมาณเนื้อปลา 20 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการอบ 15 นาที จะได้สูตรการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ดังนี้

สูตรของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ข้าวตอกจากข้าวหอมมะลิ	70	กรัม	(ร้อยละ 26.92)
งาขาว	10	กรัม	(ร้อยละ 3.85)
งาคั่ว	10	กรัม	(ร้อยละ 3.85)
เนื้อปลา	20	กรัม	(ร้อยละ 7.69)
ไฮฟรูกโทสโซร็ป	69	กรัม	(ร้อยละ 26.54)
น้ำตาลทราย	15	กรัม	(ร้อยละ 5.77)
กลูโคสโซร็ป	34.5	กรัม	(ร้อยละ 13.27)
เนย	30	กรัม	(ร้อยละ 11.54)
เกลือ	1.5	กรัม	(ร้อยละ 0.06)

ขั้นตอนการทำอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

1. เตรียมข้าวเปลือกหอมมะลิ โดยนำมาแช่ในสารละลายเกลือแกง (NaCl) 2 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 5 ชั่วโมง จากนั้นนำเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 10 นาที นำออกจากตู้อบลมร้อน แล้ววัดปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวให้ได้ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์
2. นำเมล็ดข้าวที่ได้ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในซองกระดาษ ประมาณ 10 กรัม เข้าอบในเตาอบไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูง (850 วัตต์) เป็นเวลา 75 วินาที
3. แยกข้าวตอกออกจากเปลือกข้าว โดยการร่อนในตะแกรงร่อน
4. คั่วงาขาว และงาดำ เทผสมลงในข้าวตอก
5. ปั่นปลากรอบปรุงรส ในเครื่องปั่นจนละเอียด แล้วผสมลงในข้าวตอก
6. เตรียมน้ำเชื่อม โดยชั่งน้ำหนักไฮฟรูกโทสไซรัป น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป เนย และเกลือตามสูตร เคี่ยวในกระทะร้อน ประมาณ 3 นาที หรือจนกว่าน้ำเชื่อมมีลักษณะเหนียว
7. เทน้ำเชื่อมที่กำลังร้อน ลงในข้าวตอก คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันดี
8. เทใส่พิมพ์ แล้วนำเข้าอบในตู้อบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาด ตั้งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที
9. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เาะออกจากพิมพ์
10. บรรจุในบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

นำผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Final Product) ที่ผ่านการพัฒนาสูตรแล้ว มาคำนวณต้นทุนการผลิต เพื่อกำหนดราคาในการจำหน่าย แล้วนำไปทดสอบการยอมรับโดยผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถามด้วยวิธี Central Location Test (LCT) เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) รวบรวมแบบสอบถามทั้งหมด จากนั้นทำการประมวลผลข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

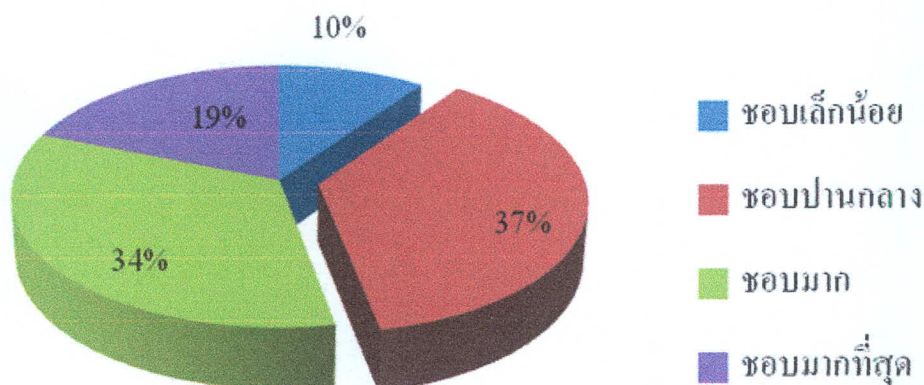
การสำรวจผู้บริโภคจำนวน 100 คน เป็นเพศหญิงร้อยละ 53 และเพศชายร้อยละ 47 โดยส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 21-25 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีและเป็นนิสิตนักศึกษามีรายได้ต่อเดือนประมาณ 5,001-10,000 บาท แสดงผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ลักษณะทางประชากรศาสตร์		ร้อยละ
เพศ	ชาย	47
	หญิง	53
อายุ	ต่ำกว่า 15 ปี	4
	15-20 ปี	7
	21-25 ปี	34
	26-30ปี	11
	31-35 ปี	7
	36-40 ปี	11
	41-45 ปี	16
	46-50 ปี	6
	51 ปีขึ้นไป	4

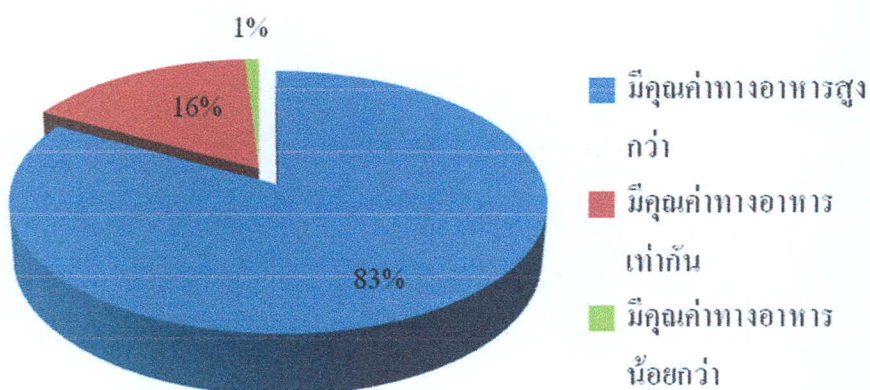
ตารางที่ 13 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการทดสอบการยอมรับใน
ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)
ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
การศึกษา	
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น	21
มัธยมศึกษาตอนต้น	4
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช	13
อนุปริญญา/ปวส	7
ปริญญาตรี	43
สูงกว่าปริญญาตรี	12
อาชีพ	
นักเรียน	8
นิสิต/นักศึกษา	23
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	3
พนักงานราชการ	15
เกษตรกร/ประมง	20
ธุรกิจส่วนตัว	8
พนักงานบริษัท	17
อื่นๆ	6
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่า 5,001 บาท	25
5,001-10,000 บาท	33
10,001-15,000 บาท	18
15,001-20,000 บาท	11
20,001-25,000 บาท	2
25,001-30,000 บาท	1
35,001-40,000 บาท	6
40,001 บาทขึ้นไป	4



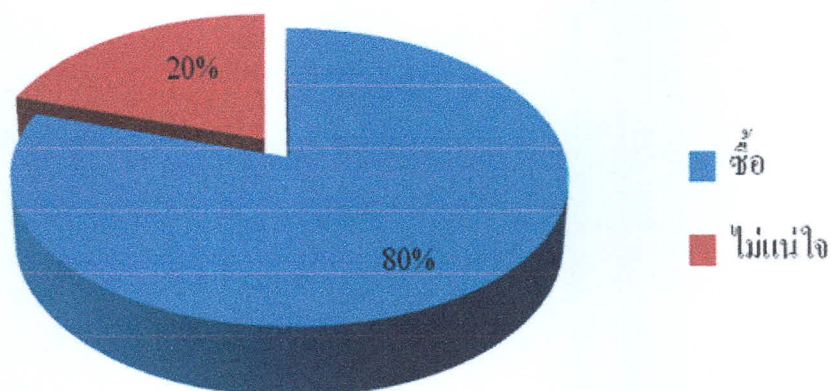
ภาพที่ 2 ระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริม โปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP)

จากภาพ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริม โปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) 7.62 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 37



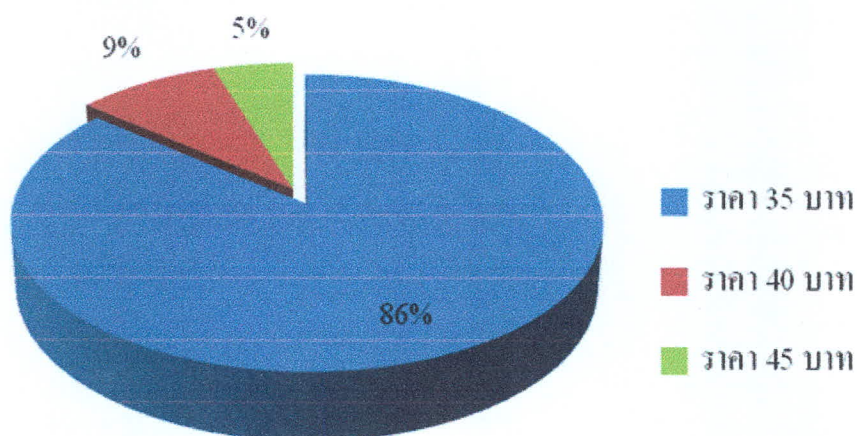
ภาพที่ 3 คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริม โปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) เทียบกับอาหารขบเคี้ยวตามท้องตลาด

จากภาพ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริม โปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวตามท้อง ร้อยละ 83



ภาพที่ 4 ความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิเอพี (GAP)

จากภาพ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิเอพี (GAP) ร้อยละ 80



ภาพที่ 5 ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิเอพี (GAP) บรรจุในถุงสุญญากาศ ขนาด 75 กรัม

จากภาพ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิเอพี (GAP) บรรจุในถุงสุญญากาศ ขนาด 75 กรัม ขายในราคา 35 บาท ร้อยละ 86

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวตอกโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูง (850 วัตต์) พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) ที่ใช้ข้าวตอกซึ่งเตรียมโดยการให้ความร้อน 75 วินาที อุณหภูมิทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และความชื้นเมล็ดข้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิ เวลา และความชื้นดังกล่าว มีผลทำให้เกิดการแตกของเมล็ดข้าวเปลือกได้ดี ทำให้ได้ข้าวตอกปริมาณมาก พองตัวดี และมีสีขาว ซึ่งเหมาะสำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

การศึกษาเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง คือ แบบเหนียวนุ่ม และแบบกรอบร่วน พบว่า แบบกรอบร่วนได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากปริมาณส่วนผสมที่เป็นน้ำเชื่อม มีผลต่อสี กลิ่น ความหวาน และเนื้อสัมผัส รวมถึงปริมาณความชื้น ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค รวมถึงปริมาณความชื้นในอาหาร และค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว มีความเหมาะสม ไม่เสี่ยงต่อการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์อีกด้วย

การศึกษาริมาณเนื้อปลาที่มีผลต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใส่เนื้อปลา 25 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจาก ปริมาณเนื้อปลาดังกล่าว มีผลต่อสี และกลิ่น ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นรสของปลากรอบปรุงรส และมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ

การศึกษาระยะเวลาการอบผลิตภัณฑ์หลังขึ้นรูปแท่ง พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจาก เวลาดังกล่าว มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ได้มีความกรอบที่พอดี ไม่นิ่มหรือแข็งจนเกินไป

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมโปรตีนปลาจากข้าวตอกหอมมะลิจีเอพี (GAP) มีสีเหลืองนวล ทำให้มีค่าความสว่าง (L) 41.13 ค่าสีแดง (a) 1.67 และค่าสีเหลือง (b) 9.46 ค่า a_w 0.45 และผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วน จึงมีค่าเนื้อสัมผัส (แรงตัด) 34.61 นิวตัน

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.46 ไขมันร้อยละ 7.98 โปรตีนร้อยละ 4.81 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 82.11 เส้นใยร้อยละ 0.91 และเถ้าร้อยละ 1.73

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.0×10^2 โคโลนีต่อกรัม และเชื้อยีสต์และรา 19 โคโลนีต่อกรัม แต่ก็ไม่เกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

กำหนดไว้ เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์มีรสหวาน และมีความชื้น ซึ่งหากเก็บไว้เป็นเวลานานในสถานะที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดี ก็ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียได้เร็วขึ้น แต่หากเก็บไว้ในอุณหภูมิพอเหมาะ ก็จะเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้นได้