



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องท้องถิ่น
และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอกเพื่ออนุรักษ์วัฒนธรรมวิถีคนเมืองเพชร
Development of healthy noodle products from native brown Rice
and germinated riceberry to conserve the local culture of
Phetchaburi

ผู้วิจัย
อาจารย์ ดร. สุนธรา สุนธธรรา

รายงานวิจัยฉบับนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจาก
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี งบประมาณแผ่นดิน
โดยผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
พ.ศ. 2560

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่ งอกเพื่ออนุรักษ์วัฒนธรรมวิถีคนเมืองเพชร
ชื่อผู้วิจัย	อาจารย์ ดร. สุคนธา สุคนธ์ธारा
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ปี พ.ศ.	2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี และ (2) พัฒนาสูตรของขนมเมืองเพชรเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเพื่อสุขภาพ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคก๋วยเตี๋ยวจำนวนทั้งหมด 400 ราย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการบริโภค ผลการศึกษา พบว่าส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.25 ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาคะชั้นปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 32.50 ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนหรือนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 32.50 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 ถึง 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 46.50 ส่วนใหญ่นิยมบริโภคก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.50 สำหรับขนมจีน พบว่าส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 27.50 ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาคะชั้นปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 37.25 ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนหรือนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 29.25 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 ถึง 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 46.50 ส่วนใหญ่นิยมบริโภคขนมจีนทอดมันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.25 จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของก๋วยเตี๋ยวพบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดจาก 3 สูตรประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 21.00 แป้งมันร้อยละ 9.00 น้ำเปล่าร้อยละ 70.00 จากนั้นศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกและปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวยกัมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กผัดไทย พบว่า การทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ปริมาณร้อยละ 25 และปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวยกัมร้อยละ 1.5 มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จากนั้นนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกร้อยละ 25 และปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวยกัมร้อยละ 1.5 ไปทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 120 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 99.17) ยอมรับ และผู้บริโภคร้อยละ 97.50 คาดว่าจะซื้อเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเพื่อสุขภาพที่พัฒนาแล้ว สำหรับสูตรพื้นฐานการผลิตเส้นขนมจีน พบว่าขนมจีนประกอบด้วยแป้งร้อยละ 52.63 และน้ำร้อยละ 47.36 จากนั้นศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก และปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวยกัมในการผลิตเส้นเส้นขนมจีน พบว่า การทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ปริมาณร้อยละ 25 และปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวยกัมร้อยละ 1.5 มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมกลืน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จากนั้นนำเส้นขนมจีนเพื่อสุขภาพที่พัฒนาแล้ว ไปทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 120 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 98.33) ยอมรับ และผู้บริโภคร้อยละ 70.83 คาดว่าจะซื้อเส้นขนมจีนเพื่อสุขภาพที่พัฒนาแล้ว

คำสำคัญ: ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน ข้าวกล้อง ข้าวไรซ์เบอร์รี่

Research Title	Development of healthy noodle products from native brown Rice and germinated riceberry to conserve the local culture of Phetchaburi
Author	Sukhontha Sukhonthara, Ph.D.
Faculty	Science and Technology, Rajabhat Phetchabun University
Year	2017

Abstract

The objective of this research were to investigate behavior of rice noodle and fermented rice noodle consumption of mueang district, Phetchaburi Province and to develop healthy Phetchaburi dessert products supplemented with riceberry. The samples used in this study were 400 consumers who consumed noodle. The research instruments for collecting information of consumption behavior were questionnaires for collecting information of consumption behavior. The results of rice noodle research showed that people in this study were between 21 and 40 years and majority of the subjects were female (29.25 %). The majority of consumer graduated a bachelor degree (32.50 %). Most of them were student (32.50 %), had an income between 5,001 and 20,000 baht (46.50 %), and very liked to consume Pad Thai (40.50 %). For fermented rice noodle, The research results showed that people in this study were between 21 and 40 years and majority of the subjects were female (27.50 %). The majority of consumer graduated a bachelor degree (37.25 %). Most of them were student (29.25 %), had an income between 5,001 and 20,000 baht (46.00 %), and very liked to consume Kanom-geen Tod-mun (37.25 %). Three basic formulars of Pad Thai rice noodle were prepared and evaluated in sensory screening test in odor to select the formula. The basic formular consisted of rice flour 21.00%, 9.00% cassava flour and 70.00% water. The use of riceberry flour to substitute brown rice flour and improve quality by using guar gum in Pad Thai rice noodle was investigated. Pad Thai rice noodle made from 25% riceberry flour with 1.5% guar gum had the high of overall acceptability score ($p \leq 0.05$). Consumer test was conducted with 120 consumers and the majority of the consumers (99.17%) accepted developed healthy Pad Thai rice noodle, nighty – eight percent of the tested consumers world buy developed healthy Pad Thai rice noodle. For ferment rice noodle (kanom-jeen), the basic formular consisted of rice flour 52.63% and 47.36% water. The use of riceberry flour to substitute brown rice flour and improve quality by using guar gum in kanom-jeen was investigated. Kanom-jeen made from 25% riceberry flour with 1.5% guar gum had the highest of flavor taste texture and overall acceptability score ($p \leq 0.05$). Consumer test was conducted with 120 consumers and the majority of the consumers (98.33%) accepted developed healthy kanom-jeen had the highest of flavor and overall acceptability score ($p \leq 0.05$), seventy – one percent of the tested consumers world buy developed healthy kanom-jeen

Keywords: rice noodle, fermented rice noodle, brown rice, germinated riceberry

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอกเพื่ออนุรักษ์วัฒนธรรมวิถีคนเมืองเพชร ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ปีงบประมาณ 2560 ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้การสนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีทุกฝ่ายที่สนับสนุนการดำเนินงาน งานวิจัยนี้สามารถดำเนินงานลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุคนธา สุคนธ์ธำรา
กันยายน 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความรู้เกี่ยวกับกล้วยเตี๋ยและขนมจีน	5
2.2 ความรู้เกี่ยวกับข้าว	13
2.3 ความรู้เกี่ยวกับอนุมูลอิสระ (Free radicals)	21
2.4 ความรู้เกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาล	25
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	32
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	47
4.1 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวของผู้บริโภค ในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี	47
4.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี และผลของพันธ์ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เส้นจากข้าว	55
4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่ งอกเพื่อสุขภาพ	71
4.4 ผลของคุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องจากข้าวพันธุ์ ท้องถิ่นของเพชรบุรีและข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก	107
4.5 การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเส้นจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ งอกเพื่อสุขภาพ	115
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	117
บรรณานุกรม	118

ภาพผนวก	124
ภาพผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี	125
ภาพผนวก ข สูตรและขั้นตอนในการทำผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าว	137
ภาพผนวก ค ตัวอย่างแบบสอบถาม	159
ภาพผนวก ง หลักฐานการเผยแพร่งานวิจัย	172

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เส้นก้วยเตี้ย	5
2.2 เส้นขนมจีน	6
2.3 แอมิโลส (ก) และแอมิโลเพกติน (ข)	7
2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง	8
2.5 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน	9
2.6 การคืนตัวของแป้ง	10
2.7 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน	11
2.8 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA	12
2.9 ข้าว	13
2.10 โครงสร้างและส่วนประกอบของข้าว	15
2.11 ข้าวกล้องงอก	18
2.12 โครงสร้างทางเคมีของ DPPH radical	23
2.13 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอล	25

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความแตกต่างระหว่างแอมิโลสและแอมิโลเพกติน	7
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า	8
2.3 สารอาหารของข้าวต่างๆ	16
2.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่	17
2.5 ตัวอย่างค่าดัชนีน้ำตาลของอาหาร	27
3.1 ส่วนผสมสูตรพื้นฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยว 3 สูตร	40
3.2 สูตรก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และข้าวไรซ์เบอร์รี่จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (โดยกำหนดปริมาณทั้งหมดเป็น 1 กรัม)	42
3.3 สูตรขนมจีนที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าหมัก แป้งข้าวกล้องหมัก และข้าวไรซ์เบอร์รี่จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (โดยกำหนดปริมาณทั้งหมดเป็น 1 กรัม)	42
4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี	47
4.2 ข้อมูลการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี	48
4.3 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี	50
4.4 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี	51
4.5 ข้อมูลการบริโภคขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี	52
4.6 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี	53
4.7 ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี	55
4.8 ค่าสีของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี	56
4.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีของข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี	56
4.10 คุณสมบัติด้านความหนืดขณะร้อนของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี	57
4.11 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหลังนึ่งและหลังอบ	58
4.12 ผลการประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นนิยมนปลูกในจังหวัดเพชรบุรี	61
4.13 น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี	63
4.14 ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก	64
4.15 ค่าสีของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก	65
4.16 ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีของข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก	65
4.17 คุณสมบัติด้านความหนืดขณะร้อนของแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก	66
4.18 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก	67
4.19 ผลการประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่น	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.20 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นก่วยเดี่ยวสูตรพื้นฐาน 3 สูตร	71
4.21 ลักษณะปรากฏของเส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน หลังนึ่งและหลังอบ	73
4.22 ปริมาณแอมิโลสของเส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	77
4.23 ค่าสีของเส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	78
4.24 น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของผลิตภัณฑ์เส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	79
4.25 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของเส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	80
4.26 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของเส้นก่วยเดี่ยวที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	81
4.27 ลักษณะปรากฏของเส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ	83
4.28 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นก่วยเดี่ยวจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ	85
4.29 ลักษณะปรากฏของเส้นก่วยเดี่ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน หลังนึ่งและหลังอบ	87
4.30 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นก่วยเดี่ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน	89
4.31 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นขนมจีนที่มีรูปแบบกรรมวิธีการผลิตแตกต่างกัน	91
4.32 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน	92
4.33 ปริมาณแอมิโลสของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	95
4.34 ค่าสีของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	96
4.35 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.36 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกสูตรต่างๆ	98
4.37 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของเส้นขนมจีนที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิก	99
4.38 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกในอัตราส่วนต่างๆ	101
4.39 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกในอัตราส่วนต่างๆ	102
4.40 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน	104
4.41 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน	105
4.42 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวชัณนาท 1 (ไม่หมัก และหมัก)	107
4.43 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องชัณนาท 1 (ไม่หมัก และหมัก)	107
4.44 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิก	108
4.45 ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางเคมีของก้วยเตี่ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	109
4.46 ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางเคมีของขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	110
4.47 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อก้วยเตี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	112
4.48 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อก้วยเตี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	112
4.49 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	113
4.50 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	113
4.51 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตก้วยเตี่ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	115
4.52 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออร์แกนิกเพื่อสุขภาพ	116

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันคนไทยหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้นมีการเลือกรับประทานอาหาร มีการลดการบริโภคเนื้อสัตว์ การดื่มสุรา และการออกกำลังกาย จากสถิติที่ผ่านมาพบว่าคนไทยและคนทั่วโลกมีอัตราการเสียชีวิตโรคหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้นมาก สาเหตุที่สำคัญเกิดจากความไม่สมดุลของการรับประทานอาหารและการออกกำลังกาย นอกจากนั้นยังทำให้เกิดโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ภาวะอ้วน โรคอ้วนและโรคเมตาบอลิกซินโดรม (นิรนาม, 2560a)

ข้าวเป็นธัญพืชที่ใช้เป็นอาหารสำคัญอย่างหนึ่งของโลก ทุกวันนี้คนเอเชียประมาณ 3,000 ล้านคนบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวในวิถีชีวิตของคนไทยนั้นผูกพันกันมาช้านาน ก่อให้เกิดวัฒนธรรมขึ้นอย่างมากมาย ข้าวจึงนับว่ามีความสำคัญและมีคุณประโยชน์ต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์นับแต่อดีตถึงปัจจุบัน ประเทศไทยมีการปลูกข้าวมาช้านานนับตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 6 โดยข้าวที่ปลูกจะเป็นข้าวเหนียวนาสวนเมล็ดป้อม และข้าวเหนียวไร่เมล็ดใหญ่ ต่อมาการปลูกข้าวเหนียวไร่น้อยลง แล้วเริ่มมีการปลูกข้าวนาสวนเมล็ดเรียวเพิ่มขึ้น ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป เหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล และช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชื่นจิต, 2558) ดังนั้นข้าวในฐานะอาหารธัญพืชหลักของคนไทย และประชากรครึ่งโลก จึงเป็นอาหารที่มีศักยภาพในการพัฒนาสู่อาหารสุขภาพได้

ขนมจีนและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ได้รับความนิยมในจังหวัดเพชรบุรี และประเทศไทย ขนมจีนจัดเป็นผลิตภัณฑ์เส้นหมักทำขึ้นมาจากแป้งโดยผ่านกรรมวิธีต่างๆ ทั้งนี้ทั้งต้มจนกลายมาเป็นเส้นกลมๆ สีขาว เหนียวนุ่ม สามารถกินคู่กับน้ำยาต่างๆ มากมาย สำหรับคนเพชรบุรีมักนิยมกินขนมจีนคู่กับทอดมัน แล้วราดด้วยน้ำจิ้มรสหวานอมเปรี้ยว และเผ็ดนิดๆ ถือเป็นอาหารพื้นบ้านอย่างหนึ่งที่เป็นเอกลักษณ์ในจังหวัดเพชรบุรี สำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจัดเป็นผลิตภัณฑ์เส้นไม่หมัก ได้จากการนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวสดมาผึ่งลมหรืออบในตู้อบ ลมร้อน เพื่อลดปริมาณความชื้น ก่อนนำมาตัดเป็นเส้นเส้นมีลักษณะเล็ก หนา แห้ง เมื่อนำมาลวกทำเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นจะนุ่มเหนียว ไม่นิ่มเหลวเหมือนเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ (ศจี และปทุมทริกา, 2552) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก สามารถนำไปทำผัดไทยซึ่งในปัจจุบันนี้กลายเป็นหนึ่งในอาหารประจำชาติไทย โดยผัดไทยในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยจะมีความแตกต่างกัน เช่น ในอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี จะปรุงรสผัดไทยด้วยน้ำตาลโตนด (วิกิพีเดีย, 2557) การนำข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้น ได้แก่ ขนมจีน และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก จึงทำให้เพิ่มคุณค่าทางอาหารมากขึ้น เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศที่นิยมชมชอบในอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะข้าวไทย ทำให้เกษตรกรมีทางเลือกในการจำหน่ายข้าวนอกจากการขายข้าวเพื่อการบริโภคโดยตรงเพียงอย่างเดียว ทำให้สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร

งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรี โดยมุ่งหวังที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

และเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคหรือนักท่องเที่ยวที่รักสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์อาหารเอกลักษณ์เมืองเพชร ส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทย รวมทั้งส่งเสริมการท่องเที่ยวของจังหวัดเพชรบุรี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคกล้วยเดี่ยวและขนมจีนของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ทำวิจัยคือ ดิಕ್ಕคหกรรมศาสตร์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2. สถานที่เก็บตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่ คืออำเภอนาบัว จังหวัดเพชรบุรี

3. สกัดตัวอย่างข้าว กล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีนด้วยตัวทำละลายเอทานอล

4. ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากกล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีนด้วยวิธี DPPH และ ABTS ทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลโดยรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method และทดสอบอัตราการย่อยสลายและจลนพลศาสตร์การย่อยสลายด้วยวิธี rapid in-vitro enzymatic digestion assay

5. ผลผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีนจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ และเก็บข้อมูลเชิงปริมาณดังนี้

5.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

5.1.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีนข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพแต่ละสูตร คือ นักศึกษา และบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีทั้งชายและหญิงที่มีช่วงอายุ 15 – 70 ปี

5.1.2 การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคของกล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีนข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพสูตรที่ได้รับการคัดเลือก คือ ประชาชนทั่วไปในจังหวัดเพชรบุรีทั้งชายและหญิงที่มีช่วงอายุ 15 – 70 ปี

5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

5.2.1 ตัวแปรต้น คือ ปริมาณข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในการทำกล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีน

5.2.2 ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยเดี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีนข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

6. วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one-way analysis เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Least Significant Differences (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธีของ Duncan's multiple range tests

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำสูตรและวิธีการผลิตกล้วยเตี้ยเส้นเล็ก และขนมจีนข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคไปใช้ในการประกอบอาชีพเพื่อสร้างรายได้ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนา หรือต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เส้นชนิดอื่นๆ ได้

1.5 นิยามศัพท์

กล้วยเตี้ย - เป็นอาหารชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นเส้นยาว ทำมาจากแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนใหญ่ โดยมากจะลวกให้สุกในน้ำเดือด สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาใส่เครื่องปรุงชนิดต่างๆ นิยมรับประทานทั้งแบบน้ำ และแบบแห้ง นิยมใช้ตะเกียบเป็นเครื่องมือช่วยรับประทาน คำว่า "กล้วยเตี้ย" อาจจะมาจกภาษาจีนฮกเกี้ยนหรือภาษาจีนแต้จิ๋ว

ขนมจีน - เป็นอาหารชนิดหนึ่ง ทำด้วยแป้งเป็นเส้นกลมๆ คล้าย เส้นหมี่ รับประทานกับน้ำยา น้ำพริก เป็นต้น อาหารชนิดนี้ ภาษาเหนือเรียก "ขนมเส้น" ภาษาอีสานเรียก "ข้าวปุ้น" และภาคใต้เรียก "โหม้มจีน"

ข้าวกล้อง - คือเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสีหรือผ่านการขัดสีแค่บางส่วน ข้าวกล้องมีรสชาติมัน ปานกลางและมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวสาร (ข้าวขาว) ข้าวทุกประเภทอาทิ ข้าวเมล็ดยาว ข้าวเมล็ดสั้น ข้าวเหนียว สามารถทำเป็นข้าวกล้องได้ทั้งสิ้น ข้าวกล้องและข้าวสารมีปริมาณพลังงานคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนใกล้เคียงกัน แต่ต่างกันที่กระบวนการผลิตและคุณสมบัติทางโภชนาการอื่น เมื่อเปลือกของเมล็ดข้าวเปลือกถูกกะเทาะออกจะได้ข้าวกล้อง ถ้าต้องการได้ข้าวสาร ผิวของเมล็ดข้าวอีกชั้นหนึ่งคือเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวจะถูกขัดสีออกไป ซึ่งทำให้วิตามินและสารอาหารอื่นๆ ลดลงเช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 ธาตุเหล็ก และแมกนีเซียม

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ - เป็นพันธุ์ข้าวที่เกิดขึ้นภายใต้ความร่วมมือระหว่างศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและคณะกรรมการกรมวิจัยแห่งชาติ ซึ่งร่วมกันวิจัยและปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมา โดยใช้การผสมพันธุ์ข้าวระหว่างข้าวหอมมะลิและข้าวหอมมะลิ 105 ทำให้ได้ข้าวพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะเด่นประจำสายพันธุ์คือ เมล็ดข้าวจะมีสีม่วงมีลักษณะเรียวยาวและมีผิวที่มันวาว นอกจากนี้ยังสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีคุณสมบัติต้านทานต่อโรครากไหม้ และทนต่อสภาพธาตุเหล็กเป็นพิษในดินมีไส้เดือนเต็มไปหมด

ข้าวกล้องงอก - คือข้าวกล้องที่นำมาผ่านกระบวนการงอก โดยการนำข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกไม่นานเกิน 2 สัปดาห์ มาแช่น้ำที่มีการควบคุมอุณหภูมิ การไหลเวียนน้ำ ความดัน และความเป็นกรดต่างเป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง น้ำจะไปกระตุ้นเอนไซม์ในเมล็ดข้าวกล้องทำให้เกิดการย่อยสลายของสารอาหารในเมล็ดข้าว ได้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เช่น โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) กลูโคส (glucose) และฟรุคโตส (fructose) จากคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และเปปไทด์ จากโปรตีน รวมทั้งยังพบการการสะสมสารเคมีสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) และสารกาบา (GABA)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับก๋วยเตี๋ยวและขนมจีน

ก๋วยเตี๋ยว เป็นหนึ่งในอาหารประเภทบะหมี่ (noodle) ของจีนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าโดยมากจะลวกให้สุกในน้ำเดือด สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาใส่เครื่องปรุงชนิดต่างๆ นิยมรับประทานทั้งแบบน้ำและแบบแห้ง นิยมใช้ตะเกียบเป็นเครื่องมือช่วยรับประทาน ก๋วยเตี๋ยวในประเทศไทยมีมาเมื่อประมาณสมัยสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ซึ่งเป็นช่วงที่ไทยมีการติดต่อกับชาวต่างชาติมากมาย และชาวจีนก็ได้นำเอาก๋วยเตี๋ยวเข้ามากินกันในเรือ โดยต้มในน้ำซุบ มีการใส่หมู ใส่ผักและเครื่องปรุงเพื่อความอร่อย แต่สำหรับคนไทยแล้วถือว่าเป็นสิ่งที่แปลกใหม่ในยุคนั้น และได้นำมาประกอบเป็นอาหารอื่นๆ บริโภคกันจนมีความเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี และเริ่มมีการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวในประเทศไทย ในสมัย จอมพล ป. พิบูลสงคราม เป็นนายกรัฐมนตรี ได้มีนโยบายรัฐนิยมที่สนับสนุนให้ประชาชนบริโภคก๋วยเตี๋ยว ซึ่งจอมพล ป. เห็นว่าหากประชาชนหันมาร่วมกันบริโภคก๋วยเตี๋ยว จะเป็นการช่วยเหลือเศรษฐกิจของชาติในเวลานั้น เพื่อให้เงินหมุนเวียนในประเทศ (สมใจ, 2560)



ภาพที่ 2.1 เส้นก๋วยเตี๋ยว

ที่มา: Isamare, 2559

ชนิดของเส้นก๋วยเตี๋ยว (สมใจ, 2560)

1. เส้นเล็ก ลักษณะกว้างกว่าเส้นหมี่ และตัดเป็นท่อนๆ เพื่อความง่ายในการรับประทาน เมื่อลวกเสร็จแล้วจะเหนียวกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวอื่นๆ มักจะใช้น้ำไปทำผัดไทย ก๋วยเตี๋ยวเรือ ก๋วยเตี๋ยวน้ำตก
2. เส้นใหญ่ มีขนาดความกว้างกว่าเส้นเล็กประมาณ 3-4 เท่าตัว เมื่อลวกเสร็จแล้วจะนิ่มรับประทานง่าย มักนำไปทำก๋วยเตี๋ยวคั่วไก่ ผัดซีอิ้ว เย็นตาโฟ และราดหน้า
3. เส้นหมี่ หรือภาษาท้องถิ่นบางที่เรียก "หมี่ขาว" หรือ "เส้นหมี่ขาว" เพื่อป้องกันการสับสนระหว่างบะหมี่ ทำมาจากแป้งข้าวเจ้า เป็นเส้นเรียวยาว ยาว มักใช้เครื่องจักรผลิต ก่อนนำมาทำอาหารต้องนำไปแช่น้ำเสียก่อน

4. กวยจั๊บ เส้นมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยม เมื่อนำไปต้มในน้ำร้อนก็จะม้วนตัวเป็นหลอด

5. เกี๊ยมอี ลักษณะคล้ายหลอดช่อง มีสีขาว มักทำเป็นกวยเตี๋ยวเกี๊ยมอี

ขนมจีน เป็นอาหารชาวชนิตหนึ่ง ทำด้วยแป้งเป็นเส้นกลม ๆ คล้าย เส้นหมี่ รับประทานกับน้ำยาน้ำพริก เป็นต้น อาหารชนิดนี้ ภาษาเหนือเรียก "ขนมเส้น" ภาษาอีสานเรียก "ข้าวปุ้น" และภาคใต้เรียก "โหนดมจีน" (วิกิพีเดีย, 2560a)



ภาพที่ 2.2 เส้นขนมจีน

ที่มา: สุภารัตน์, 2560

เส้นขนมจีนแบ่งได้เป็น 2 ชนิด (วิกิพีเดีย, 2560a)

1. ขนมจีนแป้งหมัก เป็นเส้นขนมจีนที่นิยมทำทางภาคอีสาน เส้นมีสีคล้ำออกน้ำตาล เหนียวนุ่มกว่าขนมจีนแป้งสด และเก็บไว้ได้นานกว่า ไม่เสียง่าย การทำขนมจีนแป้งหมักเป็นวิธีการทำเส้นขนมจีนแบบโบราณ ต้องเลือกใช้ข้าวแข็ง คือข้าวที่เรียกว่า ข้าวหนัก เช่น ข้าวเล็บมือ นาง ข้าวปิ่นแก้ว ข้าวพลวง ถ้าข้าวยิ่งแข็งจะยิ่งดี เวลาทำขนมจีนแล้วทำให้ได้เส้นขนมจีนที่เหนียวเป็นพิเศษ นอกจากนี้แหล่งน้ำธรรมชาติก็สำคัญ ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติจากคลองชลประทาน หรือน้ำบาดาล ไม่ควรใช้น้ำประปาเพราะเส้นขนมจีนจะและทำให้จับเส้นไม่ได้ ไม่น่ากิน

2. ขนมจีนแป้งสด ใช้วิธีการผสมแป้ง ขนมจีนแป้งสดเส้นจะมีขนาดใหญ่กว่าขนมจีนแป้งหมัก เส้นมีสีขาว อุ่นนุ่มมากกว่า ตัวเส้นนุ่ม แต่จะเหนียวน้อยกว่าแป้งหมัก วิธีทำจะคล้ายๆ กับขนมจีนแป้งหมัก แต่จะทำงานง่ายกว่าเพราะไม่ต้องแช่ข้าวหลายวัน และได้เส้นขนมจีนที่มีสีขาวน่ารับประทาน การเลือกซื้อขนมจีนแป้งสดควรเลือกที่ทำใหม่ๆ เส้นจับว้างเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เส้นขนมจีนไม่ขาด คมดูไม่มีกลิ่นเหม็นแป้ง ไม่มีเมือก ขนมจีนแป้งสดจะเก็บได้ไม่นานควรนำมาหนึ่งก่อนกิน

หน้าที่ และส่วนผสมของก้วยเตี่ยวและขนมจีน

1. แป้งข้าวเจ้า

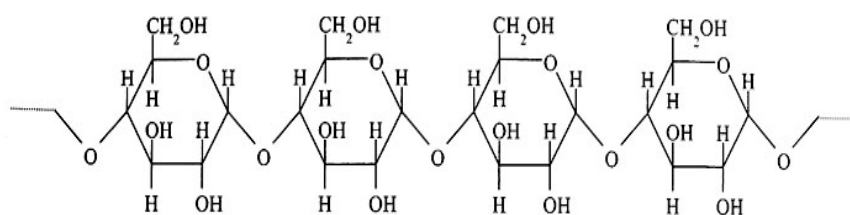
แป้งข้าวเจ้า เป็นแป้งที่ทำจากเมล็ดข้าวเจ้า มีลักษณะเป็นผงมีสีขาวจับแล้วสากมือเล็กน้อย เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะขุ่นร่วน ถ้าทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อน ร่วนไม่เหนียว จึงเหมาะที่จะประกอบอาหารที่ต้องการความอยู่ตัวร่วนไม่เหนียวหนืด มักใช้แป้งข้าวเจ้าในการทำขนมหวาน ขนมจีน ก้วยเตี่ยว เป็นต้น ปัจจุบันแป้งข้าวเจ้าที่ขายกันตามท้องตลาดมี 2 ชนิดคือแป้งข้าวเจ้าชนิดแห้ง และเป็นแป้งปนละเอียดมาก ขาวสะอาด บรรจุในถุงพลาสติก ผลิตโดยโรงงานอุตสาหกรรม อีกชนิดหนึ่งคือชนิดเปียกชนิดนี้ทำขายวันต่อวัน ถ้าค้างคืนจะเหม็นบูด บางคนที่ทำขนมขายเป็นอาชีพมักจะทำแป้งข้าวเจ้าใช้เอง คือแช่ข้าวสารหรือปลายข้าว และล้างสะอาดแล้วใส่น้ำพอท่วมประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียดด้วย โม่หินหรือเครื่องบด ถ้าแป้งที่ออกมายังหยาบจะไม่หรือบดซ้ำใหม่อีกจนกว่าจะได้แป้งที่ละเอียดกรองด้วยถุงผ้า มัดปากถุงให้แน่นแล้วทับให้สะเด็ดน้ำ จะได้แป้งข้าวเจ้าชนิดเปียก ในการทำขนมจะต้องเติมน้ำลงไปในแป้ง และนวดจนกว่าจะได้ลักษณะของแป้งตามต้องการที่ใช้ทำขนมชนิดนั้นๆ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2550; น้ำชาติ, 2554)

2. แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch / Cassava starch)

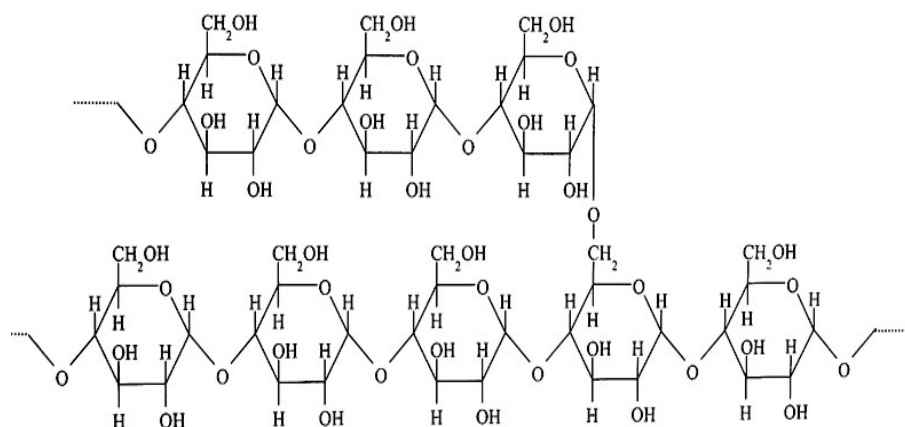
แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งมัน บางทีก็เรียกว่า แป้งมันสิงคโปร์ ทำมาจากหัวมันสำปะหลัง เป็นผงสีขาว เนื้อแป้งมีความละเอียด ลื่นมือ เมื่อถูกทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะเหนียวหนืด มีสีใส เหมาะกับการนำไปทำอาหารที่มีความเหนียวแต่ใสและดูขึ้นเงา แต่ข้อเสียของแป้งมันสำปะหลังคือ เมื่อถูกทำให้เย็นลงจะคืนตัวง่ายมาก จึงมีการนำแป้งชนิดอื่นมาผสมเพื่อทำให้ขนมมีความเหนียวนุ่มขึ้น ตัวอย่างขนมหวานที่ทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง คือ ลอดช่องสิงคโปร์ เต้าส่วน บัวลอย ครองแครงแก้ว ทับทิมกรอบ ขนมชั้น ขนมปลากริมไข่เต่า เป็นต้น (มะนาว, 2559)

โครงสร้างของเมล็ดแป้ง

องค์ประกอบของเมล็ดแป้งประกอบด้วยส่วนประกอบย่อย 2 ชนิดคือ แอมิโลส (amylose) และแอมิโลแพกติน (amylopectin) แอมิโลส คือโมเลกุลที่ประกอบขึ้นจากหน่วยกลูโคสที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง (linear chain) ในขณะที่แอมิโลแพกตินประกอบด้วยกลูโคสเช่นกัน (ดุขฎิ และน้องนุช, 2560) มีโครงสร้างแบบแยกกิ่งก้าน (branch chain) ดังภาพที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่างแอมิโลสและแอมิโลแพกตินแสดงดังตารางที่ 2.1 และองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าแสดงดังตารางที่ 2.2



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.3 แอมิโลส (ก) และแอมิโลเพกติน (ข)

ที่มา: ดัดแปลงจากดุขฎี และน้องนุช (2560)

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างแอมิโลสและแอมิโลเพกติน

แอมิโลส	แอมิโลเพกติน
1. ละลายน้ำได้ดีกว่า	1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำหนืดขึ้นน้อยกว่า แต่ข้นกว่า	2. หนืดขึ้นมากกว่า และใส
3. ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน	3. ให้สีแดงม่วงหรือมีน้ำตาล
4. ประกอบด้วยโมเลกุลที่ต่อกันเป็นเส้นยาว	4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. ประกอบด้วยกลูโคส 200-2100 หน่วย	5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวุ้นได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น

ที่มา: Beynum and Roels (1985)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า

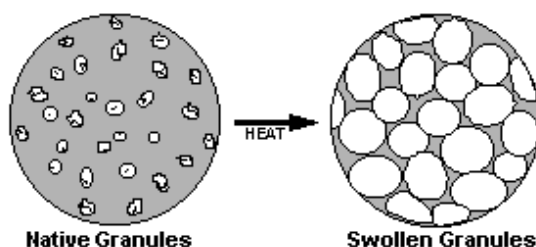
องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	12.35
ไขมัน	0.32
โปรตีน	6.94
คาร์โบไฮเดรต	80.4
เยื่อใย	0.92
เถ้า	0.27

ที่มา: น้ำทิพย์, 2554

สมบัติของแป้ง

1. การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.4) โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น (ศิริจนา, 2560)

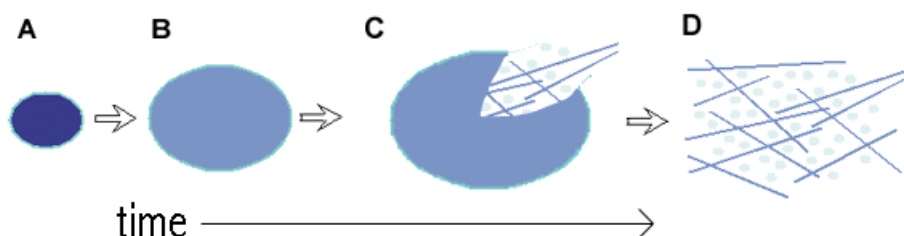


ภาพที่ 2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง

ที่มา: ศิริจนา, 2560

2. การเกิดเจลลาตินในเซชัน (Gelatinization)

เมื่อนำแป้งใสในน้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่ง แต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก ได้มีการสังเกตการพองตัวของเม็ดแป้งสาลีในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าแป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 10% และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (reversible) โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะและคุณสมบัติดั้งเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลแอมิโลสและแอมิโลเพคตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่นแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75 องศาเซลเซียส หรือใช้สารเคมี เช่น ให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส แก่แป้งสาลีจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วน crystallite ลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้ง ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลลาตินในเซชัน” ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้งและเครื่องหมายกากบาท (maltese cross) ภายในเม็ดแป้งหายไป อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วน crystallite ที่แตกต่างกัน ทั้งระดับการจับกัน (degree of association) และความสม่ำเสมอของการเกิดเจลลาตินในเซชันไม่พร้อมกันทุกเม็ด แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลาตินในเซชันที่ห่างกันถึง 8-10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลลาตินในเซชันได้ก่อนขนาดเล็ก แต่เมื่อใช้ SEM ส่องดูโครงสร้างของเม็ดแป้งข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดเล็กอยู่ประมาณ 30% พบว่าการสูญเสียเครื่องหมายกากบาทจะเกิดขึ้นได้พร้อมๆ กัน แป้งอาจเกิด gelatinized ได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการละลายใน Solvent เช่น alkali, liquid ammonia, DMSO, aq. CaCl₂ (ศิริจนา, 2560)



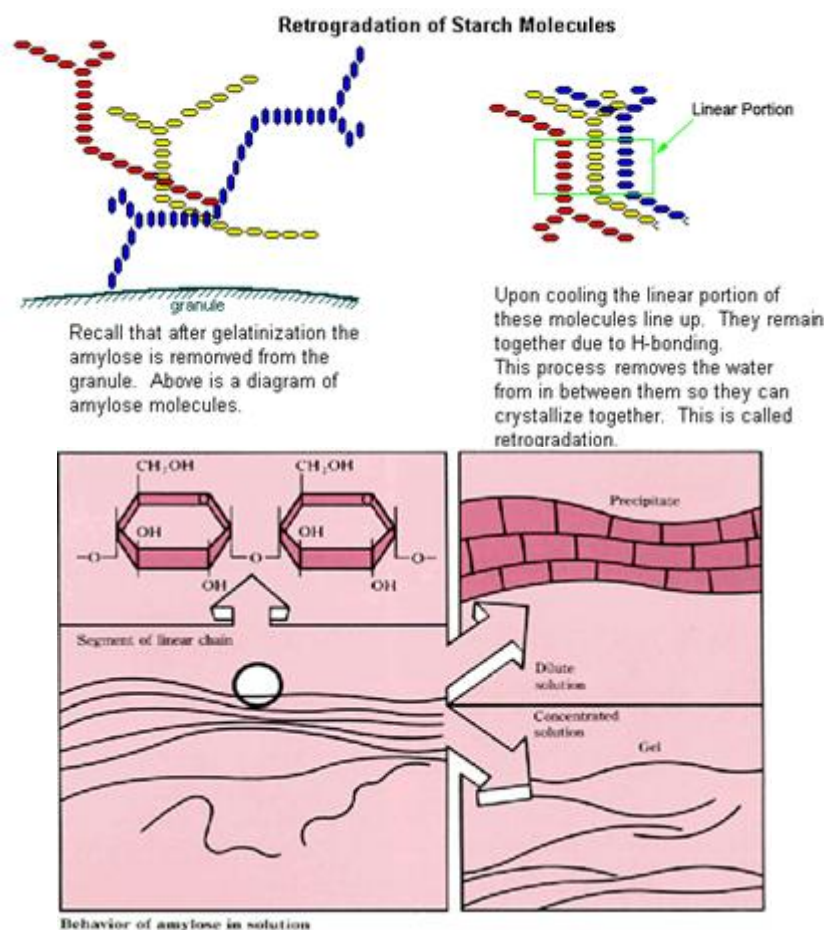
ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน

ที่มา: ศิริจนา, 2560

3. การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)

การคืนตัวของแป้งสุกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิตกลง โมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (ภาพที่ 2.6) ทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็น crystallite ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ X-ray diffraction ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นต่ำ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้จะทำให้เกิดลักษณะตะกอนขุ่นขาว แต่ถ้า น้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นสูง เช่น แป้งข้าวโพดความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก จำนวนโมเลกุลที่มาจัดเรียงตัว

กันใหม่มีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และในที่สุดเกิดลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม (ศิริจนา, 2560)



ภาพที่ 2.6 การคั่นตัวของแป้ง

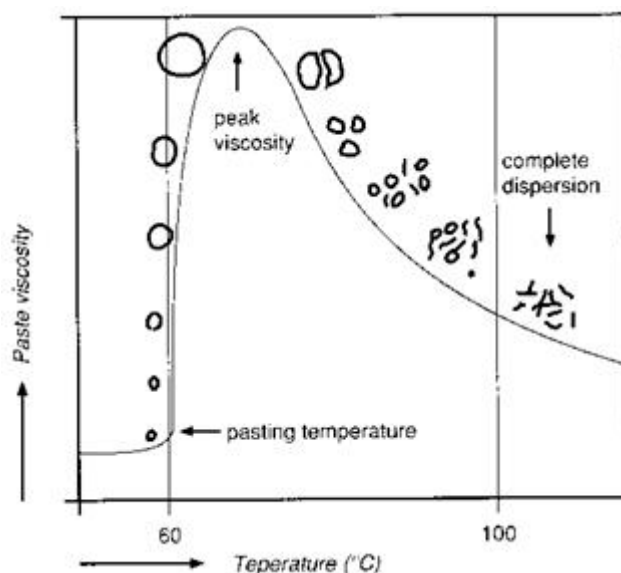
ที่มา: ศิริจนา, 2560

การคั่นตัวของน้ำแป้งโดยทั่วไปจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ ต่ำ แป้งแต่ละชนิดมีอัตราการคั่นตัวของน้ำแป้งแตกต่างกัน โดยทั่วไปแป้งจากราก หัว มีอัตราการคั่น ตัวช้ากว่าแป้งจากธัญพืช ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งจากราก/หัว เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวมากและเร็ว และ เม็ดแป้งแตกง่าย ทำให้โมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำแป้ง ยากที่โมเลกุลแอมิโลสจะมาจัดเรียง ตัวกันใหม่ แต่แป้งจากธัญพืช เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวน้อยกว่า เม็ดแป้งแตกน้อย โมเลกุลที่คลาย ตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันใหม่ได้ง่าย ซึ่งอาจจับตัวกันระหว่างเม็ดแป้งที่พองตัวซึ่งอยู่ใกล้กัน หรือระหว่างชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลแอมิโลสอิสระที่หลุดออกมา ทำให้เกิดสภาพเป็น matrix ซึ่ง ยึดอยู่ด้วยกันด้วยพันธะไฮโดรเจน และสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ การมีแอมิโลเพคตินอยู่ด้วยทำให้อัตราการ คั่นตัวของน้ำแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของแอมิโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกาะก่ ยากที่โมเลกุลจะ

เคลื่อนที่เข้ามาจับกันใหม่ได้ จึงพบว่าแป้งประเภท waxy มีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสูกน้อยกว่าแป้งชนิดอื่น ขนาดโมเลกุลของแอมิโลสในแป้งแต่ละชนิดมีผลในการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสูกด้วย โมเลกุลแอมิโลสที่มีขนาดพอเหมาะในการเคลื่อนที่มาจับกัน คือ ในช่วง 100-200 หน่วยกลูโคส ถ้าโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้งมันฝรั่งมีแอมิโลสขนาดใหญ่ประมาณ 1,000-6,000 หน่วยกลูโคส จะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันได้ยาก และถ้าโมเลกุลสั้นเกินไปจะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (Brownian movement) ทำให้จับกันยากเช่นกัน (ศิริจนา, 2560)

4. ความหนืด (Viscosity)

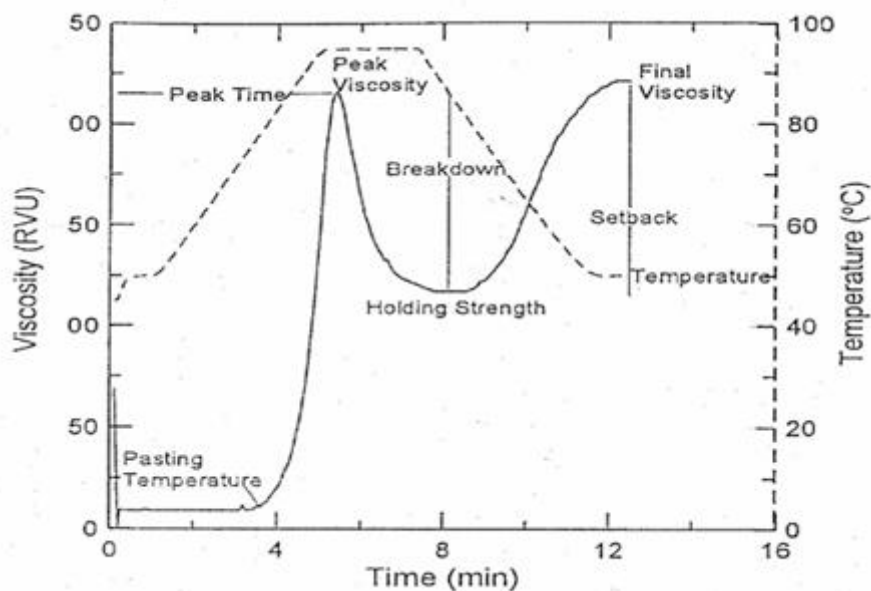
ความหนืด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง ทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและความหนืดมากขึ้น (ภาพที่ 2.7) พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง และหรือโมเลกุลของแอมิโลสและแอมิโลเพคติน บางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสูกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง (ศิริจนา, 2560)



ภาพที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน
ที่มา: ศิริจนา, 2560

เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมา (โดยเฉพาะส่วนของแอมิโลส) ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไม่สั้นและยาวเกินไปก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นนี้อีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดได้แก่ ชนิดของแป้ง ขนาดอนุภาค สัดส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพคติน อุณหภูมิ shear rate ฯลฯ แต่ที่มีผลมากที่สุดได้แก่ชนิดของแป้ง (ศิริจนา, 2560)

การติดตามความหนืดของน้ำแป้งสุก (paste) มีหลายวิธีซึ่งการเลือกเครื่องมือได้นั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เครื่อง rapid visco analyser (RVA) เป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนามาเพื่อติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งอีกแบบหนึ่ง คุณสมบัติพิเศษของเครื่องนี้คือสามารถเปลี่ยนระดับอุณหภูมิทั้งการทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ควบคุมไปกับการความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำให้สามารถหา pasting curve ได้ภายใน 13 นาที เนื่องจากมีกลไกในการส่งผ่านความร้อนที่ดีและยังใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่าด้วย การทำงานของเครื่อง RVA ทำโดยเตรียมแป้งประมาณ 3 กรัม เติมน้ำ 25 มิลลิลิตร รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 50 หรือ 60 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียส ต่อนาที จนได้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ปล่อยไว้ 2-3 นาที ทำให้เย็นลงด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียส ต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เป็นเวลา 2 นาที เครื่องจะทำการบันทึกอุณหภูมิและ viscosity profile ที่เปลี่ยนไปกับเวลาดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA
ที่มา: ศิริจนา, 2560

ค่าที่เครื่องจะแสดงผลอ่านได้บนจอคอมพิวเตอร์โดยความหนืดมีหน่วยเป็น RVU ดังนี้

- (1) Peak Time = เวลาที่เกิด peak ของความหนืด (นาทีก)
- (2) Pasting Temperature = อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืดหรืออุณหภูมิที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ใน 20 วินาที ($^{\circ}\text{C}$)
- (3) Peak Temperature = อุณหภูมิที่เกิด peak ($^{\circ}\text{C}$)
- (4) Holding Strength = ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น (RVU)
- (5) Breakdown = ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (RVU)
- (6) Final Viscosity = ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (RVU)
- (7) Setback Form Peak = ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุด peak (RVU)
- (8) Setback Form Trough = ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (RVU)

2.2 ความรู้เกี่ยวกับข้าว

ข้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. (ภาพที่ 2.9) ข้าวที่นิยมบริโภคมีอยู่ 2 สปีชีส์ใหญ่ๆ คือ *Oryza glaberrima* L. ปลูกเฉพาะในเขตร้อนของแอฟริกาเท่านั้น และ *Oryza sativa* L. ปลูกทั่วไปทุกประเทศ ข้าวชนิด *Oryza sativa* ยังแยกออกได้เป็น *indica* มีปลูกมากในเขตร้อน และ *japonica* มีปลูกมากในเขตอบอุ่น



ภาพที่ 2.9 ข้าว
ที่มา: วิกิพีเดีย, 2560b

ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพวก *Indica* ซึ่งแบ่งออกเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว นอกจากนี้ข้าวยังได้ถูกมนุษย์คัดสรรและปรับปรุงพันธุ์มาโดยตลอดตั้งแต่มีประวัติศาสตร์การเพาะปลูกข้าวในปัจจุบัน จึงมี

หลายหลายพันธุ์ทั่วโลกที่ให้รสชาติและประโยชน์ใช้สอยต่างกันไปพันธุ์ข้าวที่มีชื่อเสียงระดับโลกของไทย คือ ข้าวหอมมะลิ (วิกิพีเดีย, 2560b)

องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (rice grain) เป็นผลชนิดคาริออปซิส (caryopsis) เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้ (อรอนงค์, 2547)

1. เปลือกข้าวหรือเรียกว่ากลีบ (hull or husk) ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ชั่วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) โดยเปลือกข้าวมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก

2. ส่วนของเมล็ดหรือเมล็ดข้าวกลิ้ง (caryopsis or brown rice) คือส่วนที่เอาเปลือกหรือกลีบออกไปแล้วแต่ยังไม่ผ่านการขัดสีเป็นส่วนที่รับประทานได้ประกอบด้วย

2.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นคือ epicarp mesocarp และ endocarp มีลักษณะเป็นเส้นใยผนังเซลล์ประกอบด้วยโปรตีนเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses)

2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไปประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน

2.3 เยื่อแอลิวโรน (aleurone layer) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดเขาไปเยื่อแอลิวโรนจะห่อหุ้มเนื้อเมล็ด (endosperm) และคัพภะองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนนอกจากนี้ยังประกอบด้วยไขมัน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส 5

2.4 เนื้อเมล็ด (endosperm) อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วย แบ่งเป็นส่วนใหญ่ แบ่งในเมล็ดข้าวมีอยู่สองชนิด คือ แอมีโลส และแอมีโลแพคติน ซึ่งมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของข้าว นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน และเส้นใย ประมาณร้อยละ 7.8 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ

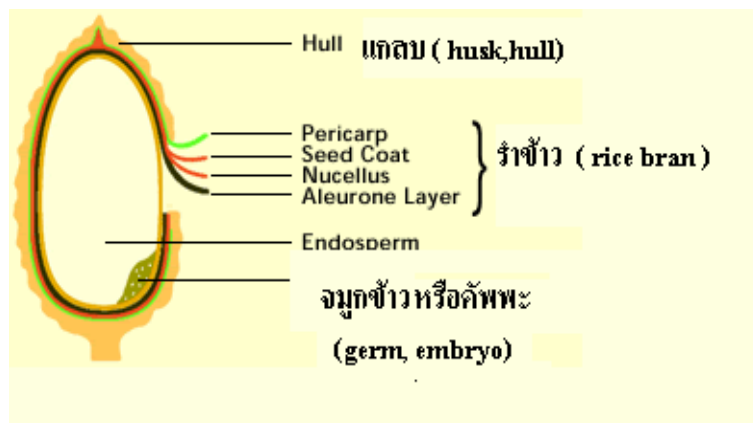
2.5 คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับเนื้อเมล็ดทางด้านเปลือกใหญ่ที่หุ้มเมล็ดเป็นส่วนที่เจริญเป็นต้นต่อไป คัพภะ ประกอบด้วย ต้นอ่อน รากอ่อน เยื่อหุ้มต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน ท่อนำอาหาร และใบเลี้ยง คัพภะเป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง (อรอนงค์, 2547)

ประเภทของข้าว

การจำแนกประเภทของข้าวสามารถแบ่งได้ 3 แบบ ดังนี้

1. การจำแนกชนิดของข้าวตามประเภทของเนื้อในหรือองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าวสาร โดยแบ่งได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีต้นและลักษณะอย่างอื่นเหมือนกันทุกอย่างแตกต่างกันที่ประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด

1.1 ข้าวเจ้า สตาร์ชจากข้าวเจ้าประกอบด้วยแอมีโลส (amylose) ประมาณร้อยละ 9-33 พันธุ์ข้าวเจ้า ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 60 กข7 เหลืองประทีพ 123 ข้าวตาแห้ง 17 พัทลุง 60 สุพรรณบุรี 1 และ สุรินทร์ 1



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างและส่วนประกอบของข้าว
ที่มา: ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2560

1.2 ข้าวเหนียว สตาร์ชจากข้าวเหนียวประกอบด้วยแอมิโลเพกทิน (amylopectin) เป็นส่วนใหญ่และมีแอมิโลส เพียงเล็กน้อย ปริมาณร้อยละ 5-7 เท่านั้น พันธุ์ข้าวเหนียว ได้แก่ สันป่าตอง 1, สกลนคร กข 2 กข 6 และกข 8 (พิมพ์เพ็ญ, 2560; วิกิพีเดีย, 2560b)

2. การจำแนกชนิดของข้าวเจ้าตามปริมาณแอมิโลส และเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยพันธุ์ข้าวเจ้าที่ปลูกในประเทศไทย แบ่งตามปริมาณแอมิโลสได้ 3 กลุ่ม คือ

2.1 ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ (ร้อยละ 9-20) ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ 105 กข 15 ปทุมธานี 1 และ กข 21 ลักษณะข้าวสุกจะเหนียวและนุ่ม

2.2 ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสปานกลาง (ร้อยละ 20-25) ได้แก่ กข 23 กข 7 สุพรรณบุรี 2 และ สุพรรณบุรี 60 ลักษณะข้าวสุกจะค่อนข้างเหนียวและนุ่ม

2.3 ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูง (ร้อยละ 25-33) ได้แก่ เหลืองประทิว 123 ชัยนาท 1 และ สุพรรณบุรี 90 ลักษณะข้าวสุกจะร่วนและแข็ง (พิมพ์เพ็ญ, 2560; วิกิพีเดีย, 2560b)

3. การจำแนกชนิดของข้าวเจ้าตามนิเวศการปลูก จะแบ่งได้ 7 ประเภทคือ

3.1 ข้าวนาสวน คือข้าวที่ปลูกในนาที่มีน้ำขังหรือกักเก็บน้ำได้ระดับน้ำลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร ข้าวนาสวนมีปลูกทุกภาคของประเทศไทยแบ่งออกเป็น ข้าวนาสวนน่าน้ำฝนและข้าวนาสวนนาชลประทาน

3.2 ข้าวนาสวนน่าน้ำฝน คือข้าวที่ปลูกในฤดูนาปีและอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระกระจายตัวของฝน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาฝนประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด

3.3 ข้าวนาสวนนาชลประทาน คือข้าวที่ปลูกได้ตลอดทั้งปีในนาที่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ โดยอาศัยน้ำจากการชลประทานประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานร้อยละ 24 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดและพื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคกลาง

3.4 ข้าวขึ้นน้ำ คือข้าวที่ปลูกในนาที่มีน้ำท่วมขังในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวมีระดับน้ำลึกตั้งแต่ 1-5 เมตร เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 เดือนลักษณะพิเศษของข้าวขึ้นน้ำคือ มีความสามารถในการ

ยืดปล้อง (internode elongation ability) การแตกแขนงและรากที่ข้อเหนือผิวดิน (upper nodal tillering and rooting ability) และการชูรวง (kneeing ability)

3.5 ข้าวน้ำลึก คือข้าวที่ปลูกในพื้นที่น้ำลึกระดับน้ำในนามากกว่า 50 เซนติเมตร แต่ไม่เกิน 100 เซนติเมตร

3.6 ข้าวไร่ คือข้าวที่ปลูกในที่ดอนหรือในสภาพไร่บริเวณไหล่เขาหรือพื้นที่ซึ่งไม่มีน้ำขังไม่มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ

3.7 ข้าวนาที่สูง คือข้าวที่ปลูกในนาที่มีน้ำขังบนที่สูงตั้งแต่ 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ขึ้นไปพันธุ์ข้าวนาที่สูงต้องมีความสามารถทนทานอากาศหนาวเย็นได้ดี

ข้าว เป็นอาหารหลักของชาวเอเชียแปซิฟิก และประเทศไทยมาเป็นเวลานาน ข้าวมีส่วนประมาณร้อยละ 20 ในการเป็นอาหารให้พลังงานของโลก โดยที่ข้าวสาลีและข้าวโพดมีส่วนประมาณร้อยละ 19 และ 5 ตามลำดับ นอกเหนือจากให้พลังงานแล้ว ข้าวยังเป็นแหล่งที่ดีของไรโบฟลาวิน และไนอาซิน และยังเป็นแหล่งที่ดีของสารอาหารรอง (micronutrients) (ตารางที่ 2.3) ประชากรเอเชียประมาณ 3 พันล้านคนบริโภคข้าวเพื่อให้พลังงานเป็นสัดส่วนร้อยละ 30-60 ของปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ได้รับ ประชากรประเทศไทยประมาณ 64.24 ล้านคนบริโภค ข้าวเป็นอาหารหลัก โดยข้าวที่ปลูกในประเทศไทยนั้นใช้บริโภคประมาณร้อยละ 55 และส่งออกประมาณร้อยละ 45 (พิมพ์เพ็ญ, 2560; วิกิพีเดีย, 2560b)

จังหวัดเพชรบุรีมีการปลูกทั้งข้าวนาปีและข้าวนาปรัง โดยข้าวนาปีจะปลูกปีละ 1 ครั้ง ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และเก็บเกี่ยวเดือนธันวาคมซึ่งเป็นการปลูกข้าวที่จะออกรวงในช่วงฤดูฝน อาศัยน้ำฝนและจากชลประทาน ส่วนข้าวนาปรังเป็นการปลูกข้าวที่จะออกรวงในฤดูแล้งอาศัยน้ำจากชลประทานเป็นหลักจะทำการปลูก 3-4 ครั้ง โดยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำถ้าหากน้ำไม่มากจะสามารถดำเนินการได้ 1-2 ครั้ง การปลูกจะเริ่มปลูกเดือนมีนาคมเก็บเกี่ยวเดือนมิถุนายน และจะปลูกครั้งต่อไปในช่วงระยะเวลา 3-4 เดือน โดยพันธุ์ที่ปลูกมากได้แก่ ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 กข31 (ปทุมธานี 80) และกข41 (บ้านลาดบ้านเรา, 2561)

ตารางที่ 2.3 สารอาหารของข้าวต่างๆ

ข้าว	โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	เหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	สังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	เส้นใย (กรัม/100 กรัม)
ข้าวขาวขัดสี	6.8	1.2	0.5	0.6
ข้าวสีน้ำตาล	7.9	2.2	0.5	2.8
ข้าวสีแดง	7.0	5.5	3.3	2.0
ข้าวสีม่วง	8.3	3.9	2.2	1.4
ข้าวสีดำ	8.5	3.5	-	4.9

ที่มา: FAO/WHO, 1998

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ข้าวกล้องมีความนุ่มนวลมากปลูกได้ตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตตลอดไร่ปานกลาง ต้านทานต่อโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานโรคหาลาว จึงควรเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ทุกรอบการปลูก อีกข้อจำกัดคือเป็นข้าวที่ต้องการเอาใจใส่เป็นพิเศษ โดยปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ และต้องมีสภาพอากาศเย็นเพื่อสร้างสีเมล็ดลักษณะประจำพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ความสูง 105-110 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 130 วัน ผลผลิต 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง (brownrice) 76% ต้นข้าวหรือข้าวเต็มเมล็ด (head rice) 50% ความยาวของเมล็ดข้าวเปลือก 11 มิลลิเมตร ข้าวกล้อง 7.5 มิลลิเมตร ข้าวขัด 7.0 มิลลิเมตร

คุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ ดังตารางที่ 2.4 ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี โฟเลตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำปานกลาง ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ นอกจากจะใช้รับประทานเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเมตาบอลิซึม การแพทย์ยังนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารโภชนาบำบัดอีกด้วย (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.), 2556) นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังเป็นอาหารสุขภาพที่ดีต่อทุกเพศทุกวัย สามารถรับประทานเพื่อบำรุงสุขภาพและทดแทนข้าวขาวหรือข้าวกล้องปกติได้ โดยหากผู้สูงวัยรับประทานก็จะช่วยให้ระบบไหลเวียนโลหิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยบำรุงสายตาและระบบประสาทต่างๆ ส่วนสตรีมีครรภ์หากรับประทานข้าวชนิดนี้ก็จะช่วยให้เด็กในครรภ์มีสุขภาพแข็งแรง ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดเป็นโรคปากแหว่งเพดานโหว่ ช่วยควบคุมน้ำหนักไม่ให้เกิดครรภ์เป็นพิษ และที่สำคัญยังมีธาตุเหล็กสูง เหมาะกับสตรีที่กำลังมีครรภ์ซึ่งต้องการแร่ธาตุชนิดนี้มากกว่าคนปกติ (กระปุกดอทคอม, 2560)

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
โอเมกา-3	25.51 mg/kg
ธาตุสังกะสี	31.9 mg/kg
ธาตุเหล็ก	13-18 mg/kg
วิตามินอี	678 ug/100g
วิตามินบี1	0.42 mg/100g
เบต้าแคโรทีน (สารตั้งต้นของ วิตามินเอ)	63 ug/100g
ลูทีน	84 ug/100g
โพลีฟีนอล	113.5 mg/100g
แทนนิน	89.33 mg/100g
แกมมา โอไรซานอล	462 ug/100g
สารต้านอนุมูลอิสระ ชนิดละลายในน้ำ	47.5 mg ascorbic acid equivalent /100g
สารต้านอนุมูลอิสระ ชนิดละลายในน้ำมัน	33.4 mg ascorbic acid equivalent /100g

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.), 2556

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice : GBR)

ข้าวกล้องงอก เป็นข้าวกล้องที่นำมาผ่านกระบวนการแช่น้ำทำให้งอกเป็นต่มงอกสีขาวขึ้นมาที่เมล็ดข้าว โดยการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยน้ำจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการชีวเคมี จนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็ก (oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสารเคมีสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-oryzanol) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ลดการตีตันของหลอดเลือด และด้านการอักเสบ โทโคฟีรอล (tocopherol) เป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่วัยร่างกาย และป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และมีสารโทโคไตรเอนอล (tocotrienol) โยอาหาร (dietary fiber) เป็นต้น (Shoichi, 2004) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสำคัญที่ได้จากกระบวนการงอกของข้าวกล้องก็คือ สารกาบา (gamma amino butyric acid, GABA) (นิรนาม, 2560b)



ภาพที่ 2.11 ข้าวกล้องงอก

ที่มา: นิรนาม, 2560c

ประเทศญี่ปุ่นได้นำข้าวกล้องงอกมาผลิตเป็นอาหารสุขภาพทั้งนี้เพราะข้าวกล้องงอกอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ประกอบด้วยวิตามินปริมาณมากเกลือแร่เส้นใย และมีองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมของร่างกายได้ดีกว่าข้าวกล้องปกติ (Kayahara and Tsukahara, 2000) และพบว่าข้าวกล้องงอกมีรสชาติที่ดี เคี้ยวง่ายกว่าการบริโภคข้าวกล้องปกติ ง่ายต่อการทำให้อุ่น การรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างต่อเนื่องมีผลต่อการป้องกันการปวดศีรษะ ลดการท้องผูก ป้องกันมะเร็งลำไส้ รักษาระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยลดความดันโลหิต และป้องกันโรคความจำเสื่อม (Komatsuzaki *et al.*, 2007) ในระหว่างกระบวนการงอกของข้าวองค์ประกอบในข้าวกล้องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากโดยสารหลักที่เพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอกคือ GABA เส้นใยอาหารอินโนซิтол กรดไฟติก โทโคไตรเอนอล แมกนีเซียม โพแทสเซียม แกมมาออริซานอล และสังกะสี (Komatsuzaki *et al.*, 2007) คุณค่าทางโภชนาการที่มีในข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาวพบว่าข้าวกล้องงอกมีสาร GABA

มากกว่าข้าวขัดขาวถึง 10 เท่า มีเส้นใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซินและไลซีนมากกว่าประมาณ 4 เท่า นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี 1 และวิตามินบี 6 มากกว่าประมาณ 3 เท่า (Komatsuzaki *et al.*, 2007)

กรรมวิธีการนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือการทำข้าวกล้องงอก เป็นผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความนิยมในหลายประเทศสำหรับเป็นอาหารเสริมสุขภาพ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าได้สูงกว่าข้าวกล้องธรรมดา หรือข้าวสาร (Shoichi, 2004) เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าจึงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคการรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยเร่งเมตาบอลิซึมของสมอง ป้องกันอาการปวดศีรษะ ป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ รักษาระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยลดความดันโลหิต รวมทั้งป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (Shoichi, 2004) ถึงแม้ข้าวกล้องประกอบด้วยไขมัน โปรตีน วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 แต่ข้าวกล้องยังไม่เป็นที่นิยมบริโภคเนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสหยาบ นอกจากนี้ยังหุงรับประทานได้ยาก (Kim *et al.*, 2004) เมล็ดข้าวที่มีการงอกนั้นจะมีเอนไซม์ทำหน้าที่ย่อยแป้งสารโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง และโปรตีนซึ่งทำให้ได้อลิโกแซคคาไรด์ และกรดอะมิโน (Manna *et al.*, 1995) การสลายตัวของโพลีเมอร์น้ำหนักรวมสูงระหว่างการงอกจะทำให้เกิดสารชีวภาพ และเป็นการปรับปรุงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส เช่น มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และกลิ่นเพิ่มขึ้นในข้าวบาร์เลย์ (Beal and Mottram, 1993) และข้าวฟ่าง (Subba Rao and Muralikrishna, 2002)

การผลิตข้าวกล้องงอก

การผลิตข้าวกล้องงอกแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน (Manna *et al.*, 1995) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การแช่ข้าว (soaking process)
2. การงอก (germination process)

อย่างไรก็ตามข้าวกล้องงอกยังมีปัญหาเนื่องจากมีกลิ่นไม่ดี และเกิดกลิ่นหมักขึ้นในระหว่างกระบวนการการงอกซึ่งเกิดเนื่องจากเมตาบอลิซึมภายในเมล็ดข้าว และจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ผิวหน้าของเมล็ดข้าวจึงทำให้เกิดการเน่าขึ้น ดังนั้นจึงมีการรายงานการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกทั้งเปลือก โดยนำไปแช่น้ำเกลือก่อนจากนั้นจึงนำไปแช่น้ำธรรมดา และเติมอากาศในระหว่างการงอก (Kim *et al.*, 2004)

วรรณวิไล (2550) ศึกษาผลของการงอกที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทานของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูโดยทำการศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อการงอก 2 ปัจจัยคือ (1) เวลาที่ใช้ในการแช่ของข้าวกล้องหอมมะลิ (6 และ 12 ชั่วโมง) และข้าวกล้องมันปู (12 และ 24 ชั่วโมง) และ (2) เวลาที่ใช้ในการเพาะของข้าวกล้องหอมมะลิ (0 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง) และข้าวกล้องมันปู (0 12 24 และ 36 ชั่วโมง) ผลการศึกษาสำหรับข้าวทั้งสองชนิดพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่ และระยะเวลาการเพาะเมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นมีการขยายตัวทางด้านกว้างมากกว่าด้านยาวและขยายเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาในการแช่ และการเพาะเมล็ดข้าวงอกมีปริมาณเอนไซม์แอลฟา-แอมิเลสค่าความคงตัวของแป้งสูง และค่าการสลายตัวในด่างเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณโปรตีน ปริมาณแอมิเลส ค่าความแข็งของข้าวหลังการหุงสุก ระยะเวลาในการหุงสุก และเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการงอกของข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปูมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของข้าวกล้องโดยมีแนวโน้มช่วยปรับปรุงคุณภาพการรับประทานให้ดีขึ้น

จักรพงษ์ และคณะ (2554) ศึกษาผลสภาพการงอกต่อสมบัติความหนืดและปริมาณ GABA ของ แป้งข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือก โดยทำการศึกษาวิธีงอกและระยะเวลาในการงอกต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ วิธีงอก 2 วิธี ได้แก่การงอกโดยการแช่และการงอกบนผ้าขาวบางเปียกน้ำและระยะเวलगอก 8 ช่วง ได้แก่ 12 24 36 48 60 72 84 และ 96 ชั่วโมง งอกที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส โดยใช้ข้าวกล้องที่ไม่งอกเป็น ตัวอย่างควบคุม จากการศึกษพบว่า การงอกบนผ้าขาวบางเปียกน้ำได้แป้งข้าวกล้องที่มีน้ำตาลรีดิวส์สูงมากกว่าการแช่น้ำทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวलगอกเพิ่มขึ้นค่าความหนืดสูงสุดและค่าการคั่นตัวของ แป้งข้าวกล้องงอกของทั้ง 2 วิธีลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการงอกบนผ้าขาวบางเปียกน้ำได้แป้งข้าว กล้องงอกที่มีกรดแกมมาอะมิโนบิวทริก (GABA) อิสระสูงกว่าการงอกโดยการแช่น้ำทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ ช่วงเวलगอก 24-60 ชั่วโมง แต่ที่ระยะเวलगอก 96 ชั่วโมง การงอกโดยการแช่น้ำได้ GABA อิสระสูงกว่า การงอกบนผ้าขาวบางเปียกน้ำทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด

1. น้ำและความชื้น ช่วยทำให้เมล็ดอ่อนนุ่มและมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นโดยทั่วไปอัตราการดูดซึมน้ำ จะขึ้นกับหลายปัจจัยถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเมล็ดได้รับน้ำจะกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ของเอนไซม์แต่ อุณหภูมิจะต้องไม่สูงเกินอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดอุณหภูมิที่สูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส จะ กระตุ้นอัตราการดูดซึมน้ำได้สูงขึ้นประมาณ 1 เท่า (เดช, 2542)
2. ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนต่ำจะไม่เกิดการงอกหากออกซิเจนมีปริมาณสูงขึ้นอัตราการงอกก็ จะสูงขึ้นแต่พืชบางชนิดเช่นข้าวจะสามารถงอกได้ในที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ (เดช, 2542)
3. อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดแต่ละชนิด อุณหภูมิที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไป ตามพันธุ์ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อการงอกของเมล็ดอยู่ในช่วง 10-35 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูง กว่านี้จะเป็นอันตรายต่อเมล็ดโดยปกติไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส (เดช, 2542)
4. แสง เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่ต้องการแสงในการงอกของเมล็ดยกเว้นในพืชบางชนิด เช่น พืชใบ เลี้ยงเดี่ยวที่มีปลอกหุ้มยอดอ่อน (เดช, 2542)

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการงอก

ในระหว่างการแช่น้ำเมล็ดธัญพืชดูดซึมน้ำทำให้อัตราเร็วของเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้น ในระหว่างนี้เกิด การไฮเดรชัน และมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเชิงซ้อนทางชีวเคมีทำให้เกิดการงอกตามมา ซึ่ง องค์ประกอบทางเคมี เช่น โปรตีนคาร์โบไฮเดรต และไขมันถูกเอนไซม์ย่อยสลายไปเป็นสารโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งนำไปใช้สร้างสารประกอบใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประเภทอื่นเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยน้ำ และออกซิเจนถูกนำไปใช้ในกระบวนการเผาผลาญเพื่อการเจริญของเมล็ด การเปลี่ยนแปลง สารอาหารที่พบในระหว่างกระบวนการงอกนั้น โมเลกุลส่วนใหญ่แล้วเกิดจากแตกสลายของสารประกอบ เชิงซ้อนไปเป็นสารเดี่ยว และเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบที่จำเป็นในการเจริญเติบโต (Chavan and Kadam, 1989)

2.3 ความรู้เกี่ยวกับอนุมูลอิสระ (Free radicals)

อนุมูลอิสระ (free radicals) หมายถึง สารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (unpaired electrons) ในอะตอมหรือโมเลกุล พบได้ทุกแห่งทั้งในสิ่งแวดล้อม ในสิ่งมีชีวิต และในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์ หรือจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) โดยมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของออกซิเจนทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลออกซิเจนไม่สมดุลกลายเป็นอนุมูลอิสระ และว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามาก และสามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไปเพื่อให้ตัวเองเกิดความสมดุลหรือเสถียร ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และเกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา (ดังสมการ 1 และ 2)



อนุมูลอิสระที่สำคัญที่สุดที่เกิดในเซลล์ที่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ oxygen radical อนุพันธ์ของ oxygen radical (เช่น superoxide radical และ hydroxyl radical), hydrogen peroxide, transition metals (โลหะทรานซิชัน) carbonate radical ($CO_3^{\cdot-}$) nitrate radical ($NO_3^{\cdot}$) methyl radical ($CH_3^{\cdot}$) superoxide radical ($O_2^{\cdot-}$), peroxy radical ($ROO^{\cdot}$) และ reactive oxygen species (ROS) เป็นต้น นอกจากนี้อนุมูลอิสระสามารถทำลายชีวโมเลกุลทุกประเภท ทั้งในเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น ลิพิด (lipid) โปรตีน (protein) เอนไซม์ (enzyme) ดีเอ็นเอ (DNA) อาร์เอ็นเอ (RNA) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เซลล์เมมเบรน (cell membrane) คอลลาเจน (collagen) ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissues) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย การเกิดการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอในเซลล์ และก่อให้เกิดโรคต่างๆ ได้แก่ โรคชรา (aging) โรคมะเร็ง (cancer) โรคหัวใจขาดเลือด (coronary heart disease) โรคความจำเสื่อม (Alzheimer's disease) โรคข้ออักเสบ (arthritis) โรคภูมิแพ้ (allergies) โรคความดันโลหิต โรคเหงือก โรคเกี่ยวกับสายตา ความผิดปกติของปอดและระบบประสาท โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของผิวหนัง และโรคลำไส้อักเสบ เป็นต้น อนุมูลอิสระนอกจากจะเกิดภายในสิ่งมีชีวิตแล้วอนุมูลอิสระสามารถเกิดจากภายนอกสิ่งมีชีวิตหรือในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การได้รับเชื้อโรค เช่น การติดเชื้อโรคไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (immune diseases) เช่น ข้ออักเสบ รูมาตอยด์ เป็นต้น จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะ เช่น ควันทะกั่วหรือแก๊สจากท่อไอเสีย เช่น ไนโตรไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่นจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูงๆ กลับมาใช้ซ้ำ การทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียม ไหม้ หรือเกิดจากการปิ้งย่าง จากยาบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (doxorubicin) เพนนิซิลลามีน (penicillamine) พาราเซตามอล (paracetamol) (บุหรัน, 2556)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity determination)

วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณ ในแต่ละประเภทจะมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีความจำเพาะแตกต่างกัน โดยปกติมักใช้หลายวิธีร่วมกันในการตรวจสอบและสรุปผล

1. วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพเป็นการทดสอบเพื่อหาชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการต่างๆ เช่น การทำให้เกิดสี การทำให้เกิดตะกอนความสามารถของการละลายในตัวทำละลาย และการถูกดูดซับโดยตัวดูดซับ วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่นิยมได้แก่ การตรวจวัดสารโพลีฟีนอลชนิดต่างๆ เช่น Shinoda test และ Pew test โครมาโตกราฟีแบบชั้นบาง (thin layer chromatography, TLC) และการตรวจหาสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ โดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC)

2. วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างประเภทต่างๆ วิธีที่นิยม ได้แก่ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอช (DPPH•) วิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS•+) และการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) ซึ่งวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะมีการสร้างอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนและวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจ โดยวัดปริมาณอนุมูลอิสระที่ลดลงหรือที่เหลือจากค่าการดูดกลืนแสงสารอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ เช่น ABTS•+ และ DPPH• การคำนวณหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหาได้จากอัตราส่วนของการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน (เช่น trolox, vitamin C และ ferrous sulfate) หน่วยของการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณแสดงได้ 2 แบบ คือ (1) แบบปริมาณความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในตัวอย่าง ซึ่งค่าตัวเลขสูงก็แสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และ (2) แบบปริมาณความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ทำให้สารอนุมูลอิสระลดลง 50 % (IC₅₀, 50 % of inhibitory concentration) โดยค่าตัวเลขต่ำแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ทั้งสองแบบสามารถแสดงหน่วยได้หลากหลาย ได้แก่ $\mu\text{M}/\text{mg}$ mM/mg $\mu\text{M}/\text{mL}$ mM/mL เป็นต้น (บุหริน, 2556)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอช (diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay)

อนุมูล DPPH[•] เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณีอนุมูล ABTS^{•+} การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมการวัด ทำโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านออกซิเดชันลงไปโดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ

ของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ DPPH[•] มีสีม่วงในเอทานอล และเมื่อได้รับ H จะเปลี่ยนเป็น สารละลายสีเหลืองตามสมการที่ 3 (Blois, 1958)

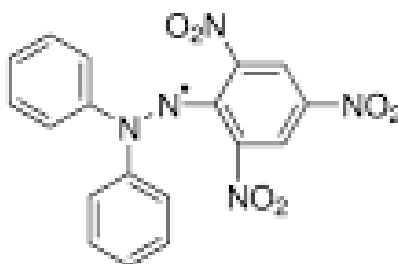


ค่าที่วัดได้จะแสดงความสามารถในการสารต้านออกซิเดชันออกมาในค่า % inhibition ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = \left(\frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \right) \times 100$$

ข้อดีของวิธีนี้คือทำได้ง่ายนิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

ข้อเสียของวิธีนี้คืออนุมูล DPPH[•] มีความคงตัวไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกายดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างทางเคมีของ DPPH radical
ที่มา: Taira et al. (2010)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของอนุมูลอิสระได้ สารเหล่านี้มี กลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระ หรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารประกอบที่ทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์โดยทั่วไป สารต้านอนุมูลอิสระสามารถพบได้ในธรรมชาติจากสารหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compounds) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระคือ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆของมนุษย์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร ปัจจุบันองค์กรที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหาร และยา ได้พยายาม

พัฒนาสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ เช่น สาหร่ายทะเล แบคทีเรีย เชื้อรา และพืชชั้นสูง อย่างไรก็ตามในภาวะปกติ ร่างกายของคนเราจะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระอยู่แล้วซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และส่วนที่สองคือ กลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากวิตามินเอ ซี อี หรือ เบต้าแคโรทีน (β -carotinoid) รวมทั้งสารประกอบพอลิฟีนอล ซึ่งเป็นพืชเคมีที่สามารถพบได้ในพืชผักและผลไม้เพื่อเข้าไปช่วยเสริมสร้างระบบการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น (เจนจิรา และประสงค์, 2554)

สารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) เสริมฤทธิ์ (synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระเป็นต้น ตัวอย่างแสดงการดักจับอนุมูลอิสระดังสมการ 4 และ 5



โดย $R\cdot$ และ $RO\cdot$ คือ อนุมูลอิสระ และ AH คือ สารต้านอนุมูลอิสระ (บุหริน, 2556)

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ ounge และสมุนไพร ได้รับความสนใจ และศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดได้แก่

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิก สังเคราะห์ 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylated hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพ และความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค

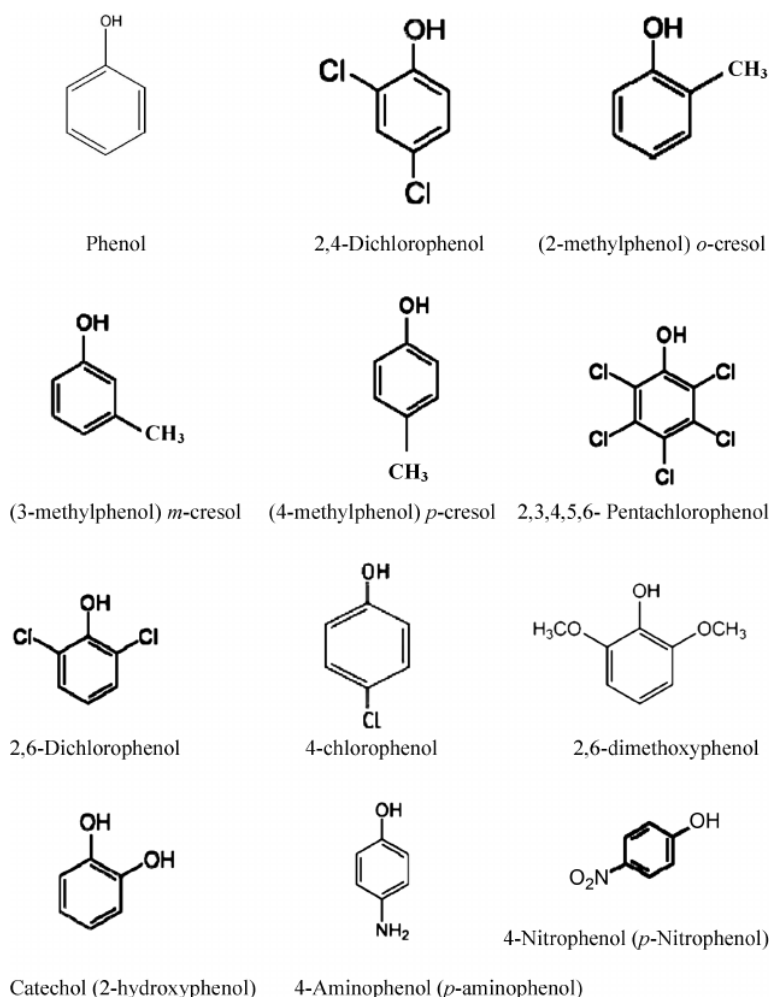
2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค มากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenols) เช่น แชนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชัน (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H\cdot$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบพอลิฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH\cdot$ ใน ปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+}

เป็นตัวเหนียวนาได้โดยการเข้าจับกับโลหะ ดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) สารประกอบกลุ่มฟีนอลซึ่งพบในพืชพรรณธรรมชาติมีมากมายชนิดสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีทั้งในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) และในสิ่งมีชีวิต (เจนจิรา และประสงค์, 2554)

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) หรือสารประกอบฟีนอล เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต สารประกอบฟีนอลมีโครงสร้างที่ซับซ้อนซึ่งสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถละลายได้ในน้ำ (พิมพ์เพ็ญ, 2560)

สารประกอบฟีนอล มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซีน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือ สารฟีนอล ในโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอล
ที่มา: Al-khalid and EL-Naas (2012)

สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (lignin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารประกอบฟีนอลที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ น้ำตาลกลูโคส (glucose) และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acid) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน แอลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ, 2560)

2.4 ความรู้เกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาล

ค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index, glycaemic index) หรือ GI เป็นหน่วยวัดผลของคาร์โบไฮเดรตต่อระดับน้ำตาลในเลือด คาร์โบไฮเดรตจะแตกตัวอย่างรวดเร็วในระหว่างการย่อยอาหาร ให้กลูโคสเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตอย่างรวดเร็ว เรียกว่ามีค่า GI สูง; คาร์โบไฮเดรตจะแตกตัวอย่างช้าๆ ค่อยๆ ให้กลูโคสเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตอย่างสม่ำเสมอ เรียกว่ามีค่า GI ต่ำ สำหรับคนส่วนมาก อาหารที่มีค่า GI ต่ำมีประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างยิ่ง (วิกิพีเดีย, 2559)

ค่าดัชนีน้ำตาลของอาหารจะแบ่งเป็น 3 ระดับ

1) อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 55 หรือ น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน อาหารที่มีค่า GI ต่ำ เช่น ถั่วชนิดต่างๆ ผัก และอาหารที่มีเส้นใยสูง เมล็ดธัญพืช (cereal grain) ที่มีน้ำตาลต่ำ โยเกิร์ต (yogurt) ไขมันต่ำและไม่มีรสหวาน เกรพฟรุต แอปเปิล และมะเขือเทศ เป็นต้น

2) อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง อาหารที่มีค่า GI ปานกลาง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 56-69 เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน อาหารที่มีค่า GI ปานกลางจะเป็นอาหารประเภทเส้น (pasta) ถั่วคั่ว ถั่วฝักยาว มันเทศ น้ำสัมนั่น บลูเบอร์รี่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดคั่ว ชุปถั่ว whole wheat และข้าวกล้อง เป็นต้น

3) อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 70 หรือ มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอาหารที่มีค่า GI สูง ได้แก่ ขนมปังขาว corn-flea ข้าว เมล็ดสั้น มันฝรั่งอบ มันฝรั่งทอด (french fries) rice cake ไอศกรีม ลูกเกด ผลไม้อบแห้ง ถั่วลิสง แครอท ผลไม้ที่มีรสหวาน เช่น แตงโม เป็นต้น (วิภา, 2549; ตะวัน และคณะ, 2555)

ในปัจจุบันวิธีการหาค่า GI ได้ใช้กลูโคสเป็นอาหารอ้างอิง และให้กำหนดค่าดัชนีน้ำตาลของกลูโคสเป็น 100 เป็นการเริ่มต้นให้เป็นสากลที่ดีและทำให้ค่า GI สูงสุดมีค่าประมาณ 100 นอกจากนี้ ขนมปังขาวยังสามารถใช้เป็นอาหารอ้างอิงได้อีกด้วยแต่ให้ค่า GI ที่แตกต่างออกไป (ขนมปังขาว = 100, กลูโคส = 140) สำหรับคนที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักเป็นขนมปังขาวซึ่งมีประโยชน์โดยตรงในการเปลี่ยนของการแทนที่ของอาหารหลักด้วยอาหารที่แตกต่างเป็นผลต่อผลตอบสนองกลูโคสในเลือดเร็วหรือช้ากว่า ข้อบกพร่องของระบบนี้คืออาหารอ้างอิงไม่ระบุไว้ชัดเจน และมาตราส่วน GI ขึ้นกับวัฒนธรรม (วิกิพีเดีย, 2559) ค่าดัชนีน้ำตาลของอาหารชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างค่าดัชนีน้ำตาลของอาหาร

ชนิดอาหาร	ค่าดัชนีน้ำตาล
น้ำตาลกลูโคส	100
น้ำผึ้ง	55
ขนมปังขาว	71
ขนมปังโฮลวีท	53
ข้าวขาว	71
ข้าวกล้อง	55
บะหมี่	57
สปาเกตตี้	68
กล้วยเดี่ยวเส้นหมี	53
กล้วยเดี่ยวเส้นใหญ่	54
ข้าวโพดต้ม	55
แครอทต้ม	70
มันฝรั่ง	85
เฟรนฟรายด์	75
ถั่ว	29
ลูกเกด	64
สับปะรด	66
แตงโม	72
ส้มทั้งผล	43
น้ำส้มคั้น	50
องุ่น	43
กล้วย	52
มะม่วงสุก	51
ทุเรียน	39
ลำไย	43
แก้วมังกร	37
ฝรั่ง	17
แอปเปิ้ล	36
นมสด	40
นมพร่องมันเนย	32
ไอศกรีม	62
ผักต่างๆ เช่นผักกาด ผักบุ้ง กะหล่ำ ผักโขม เห็ด	<20

ค่าดัชนีน้ำตาลต่ำแสดงให้เห็นถึงอัตราการย่อยอาหารและดูดซึมคาร์โบไฮเดรตของอาหารที่ช้ากว่าและอาจแสดงถึงการสกัดสารจากตับและขอบนอกของผลิตภัณฑ์ของการย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ดีกว่าอีกด้วย ดัชนีน้ำตาลที่ต่ำอาจมีผลถึงความต้องการอินซูลินที่ต่ำกว่า และอาจควบคุมกลูโคสและของเหลวในเลือดในระยะยาวได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารที่บริโภคพร้อมกับอาหารชนิดอื่นในแต่ละมื้อ จะมีผลต่ออัตราการย่อยและทำให้ GI ต่ำกว่าเดิมเปลี่ยนแปลงไป ค่าดัชนีอินซูลินอาจสามารถใช้ได้ด้วยเหมือนกัน ซึ่งค่าดัชนีอินซูลินเป็นการวัดผลตอบสนองของอินซูลินต่ออาหารที่รับประทานเข้าไป (วิกิพีเดีย, 2559)

ปัจจุบันพบว่าการรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงในปริมาณมากจะเพิ่มโอกาสเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคเมแทบอลิซึมบางชนิดได้ การรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงในปริมาณมากจะทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูงขึ้นทำให้ความต้องการอินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการนำกลูโคสเข้าไปเผาผลาญในเซลล์เพิ่มขึ้น การรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจึงเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน และในผู้ที่เป็เบาหวานการรับประทานคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำแทนคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจะช่วยให้สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ดีขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ทำได้ง่ายๆ โดยการรับประทานธัญพืชหรือข้าวซ้อมมือแทนแป้งหรือข้าวที่ขัดสี

การรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจะเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงในปริมาณมาก คาร์โบไฮเดรตในอาหารจะถูกย่อยเป็นกลูโคส และถูกดูดซึมอย่างรวดเร็ว มีผลไปกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ทำให้กลูโคสถูกนำเข้าสู่เซลล์ต่างๆ ในร่างกายเพื่อเผาผลาญให้เป็นพลังงาน แต่หลังจากการรับประทานอาหารไปแล้ว 2-4 ชั่วโมง ปริมาณอาหารที่ถูกดูดซึมในทางเดินอาหารลดลง แต่ฤทธิ์ของอินซูลินยังคงอยู่ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงมากจนอาจทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ และทำให้รู้สึกอยากอาหาร ส่วนคนที่รับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ระดับน้ำตาลในเลือดยังคงอยู่ในระดับปกติ หลังจากการรับประทานอาหาร 4-6 ชั่วโมง ร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนบางชนิดออกมา เพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่ โดยกระตุ้นการสลายกลีโคเจนซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในร่างกาย และเพิ่มการสร้างกลูโคสจากแหล่งอาหารอื่น เช่น ไขมัน การรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจึงมีผลให้ระดับกรดไขมันในเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่าการรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (ตะวัน และคณะ, 2555)

การรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ จะช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวาน และสำหรับคนที่เป็เบาหวานอยู่แล้ว ก็จะสามารถควบคุม ระดับน้ำตาลในเลือดได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจะทำให้รู้สึกอิ่มนานขึ้น ในขณะที่อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจะทำให้อยากอาหารมากขึ้น อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และยังช่วยลดระดับไขมันในเลือด ดังนั้นเพื่อสุขภาพที่ดีจึงควรหันมาเลือกรับประทาน อาหารคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ถ้าจะเลือกอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงก็ควรรับประทานร่วมกับอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เลือกรับประทานอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด เช่น รับประทานข้าวซ้อมมือแทนข้าวที่ขัดสี หรือขนมปังโฮลวีทแทนขนมปังขาว รับประทานผลไม้ทั้งผล เช่น ส้ม แทนที่จะรับประทานน้ำส้มคั้นซึ่งพฤติกรรมนี้จะช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคอ้วนได้ด้วย (ตะวัน และคณะ, 2555; ปิติ, 2557)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุดิมา และ นิลศิริ (2560) ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยในก้วยเตี่ยวเส้นใหญ่ พบว่า การผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า และใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก้วยเตี่ยวเส้นใหญ่ พบว่า จะได้ผลผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 96.51 แป้งที่ได้มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร และมีความชื้น โปรตีนไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 4.36 2.80 1.06 1.65 2.23 และ 87.9 ตามลำดับ จากการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในการผลิตก้วยเตี่ยวเส้นใหญ่ร้อยละ 10 15 20 25 และ 30 ของน้ำหนักแป้งและขึ้นรูปเส้นที่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร พบว่า ก้วยเตี่ยวมีความหนา 0.50-0.58 มิลลิเมตร และมีเปอร์เซ็นต์เส้นหักเป็น 4.13 7.40 8.50 9.00 และ 9.30 ตามระดับการทดแทนที่มากขึ้น แต่เส้นก้วยเตี่ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยร้อยละ 10 มีปริมาณเส้นหักไม่เกินร้อยละ 5 ตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของก้วยเตี่ยวที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วยร้อยละ 10 และก้วยเตี่ยวตามท้องตลาด พบว่า ก้วยเตี่ยวทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความชื้นร้อยละ 55.16-68.77 โปรตีนร้อยละ 2.58-3.22 ไขมันร้อยละ 1.68-3.26 เส้นใยร้อยละ 0.41-0.51 เถ้าร้อยละ 1.98-2.28 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.28-35.87 โดยองค์ประกอบทางเคมีทุกด้านของก้วยเตี่ยวสูตรที่ทดแทนร้อยละ 10 แตกต่างกับก้วยเตี่ยวตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

กฤติกา (2556) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวพะงอก พบว่า แป้งถั่วเขียวพะงอกมีโปรตีนร้อยละ 30.66 ± 0.07 และเมื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวพะงอกโดยทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นก้วยเตี่ยวที่ได้จากแป้งถั่วเขียวพะงอกที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำและสัดส่วนแป้งต่างๆ กันรวม 6 สูตร พบว่าแผ่นก้วยเตี่ยวจากแป้งถั่วเขียวพะงอกทั้ง 6 สูตร มีสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแผ่นก้วยเตี่ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ เป็น 1:3 จะมีค่า a^* และ b^* สูงกว่าแผ่นก้วยเตี่ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ เป็น 1:4 ทั้งนี้แผ่นก้วยเตี่ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ เป็น 1:3 และมีสัดส่วนแป้งถั่วเขียวพะงอกร้อยละ 100 จะมีค่า L^* สูงที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นก้วยเตี่ยวจากสูตรอื่นๆ อย่างไรก็ตามจากผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบโดยรวม

สุนทรณ์ (2555) ศึกษาการผลิตก้วยเตี่ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวกัล้องงอก โดยใช้แป้งข้าวกัล้องงอกเพื่อทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ระดับร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ตามลำดับ และศึกษาปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นก้วยเตี่ยวที่ระดับร้อยละ 0.25 0.50 และ 0.75 ตามลำดับ ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส แบบ Hedonic scale จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ พบว่า ก้วยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ใช้แป้งข้าวกัล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมมากที่สุดผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 36.51 ค่าสีแดง (a) เท่ากับ 6.46 และมีค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 5.91 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม มีค่าแรงดึงเท่ากับ 0.08

นิวตัน มีค่าความชื้นร้อยละ 38.50 ไขมันร้อยละ 3.53 โปรตีนร้อยละ 1.36 เส้นใยร้อยละ 0.79 เถ้าร้อยละ 2.50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.32 ซึ่งการทดสอบทางจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ ส่วน กว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 เมื่อนำมาทำการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้กั้วร็กัม พบว่า ปริมาณกั้วร็กัมที่ใช้ร้อยละ 0.75 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมมากที่สุด ผลผลิตกั้วร็กัมที่ได้มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 35.05 ค่าสีแดง (a) เท่ากับ 5.59 และค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 7.38 ผลผลิตกั้วร็กัมที่ได้จะมีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้มมีแรงดึงเท่ากับ 0.11 นิวตัน มีความชื้นร้อยละ 37.24 ไขมันร้อยละ 2.71 โปรตีนร้อยละ 1.73 เส้นใยร้อยละ 0.72 เถ้าร้อยละ 3.69 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.91 ซึ่งการทดสอบทางจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์

อริสรา (2553) ศึกษาการผลิตกว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ด้วยการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้า บางส่วน โดยแปรรูปอัตราส่วนแป้งข้าวหอมนิลเป็นร้อยละ 0 5 10 15 25 30 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง ข้าวเจ้า) พบว่า สามารถใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าได้ โดยองค์ประกอบทางเคมีของกว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เป็นร้อยละ 67.18-68.77 0.09-0.5 2.5-6.73 0.71-0.76 0-0.37 และ 23.54-29.90 ตามลำดับ และให้ค่าพลังงาน 2.60-5.00 kcal/g จากนั้นนำไป ทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale และเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์กว๋ยเตี่ยว เส้นใหญ่ด้วยวิธี QDA พบว่า การทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในกว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ร้อยละ 25 (โดยน้ำหนัก แป้งข้าวเจ้า) ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพของกว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ใกล้เคียง กับสูตรมาตรฐาน ซึ่งกว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้มีสีม่วงเทาให้ความเหนียวและความยืดหยุ่นดี โดยมีค่า tensile strength เท่ากับ 50.55 กรัม และ break distance เท่ากับ 18.40 มิลลิเมตร และเมื่อ เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของกว๋ยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 25 (โดย น้ำหนักแป้ง) พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และเส้นใยสูงกว่าสูตรมาตรฐานร้อยละ 1.59 0.17 3.00 และ 0.04 ตามลำดับ

จารุพรรณ และคณะ (2558) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอร์รี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของขนมจีนอบแห้งโดยการทดแทนแป้งข้าวขาว ตากแห้งด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีและการเติมกั้วร็กัม โดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวขาวตากแห้งใน ปริมาณ 0 10 15 20 และ 25% (ของน้ำหนักแป้ง) ในการทำขนมจีน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์ เบอร์รีมีผลให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้นแต่ค่าความแข็งลดลง ขนมจีนอบแห้งที่ ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีปริมาณ 25% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดไม่แตกต่างกับขนมจีน ที่ไม่ผสมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี และมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด จึงคัดเลือกมาศึกษาในขั้นต่อไปโดย แปรรูปปริมาณกั้วร็กัม 4 ระดับ คือ 0 3 4 และ 5% (ของน้ำหนักแป้ง) จากผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มปริมาณ กั้วร็กัม ปรับปรุงคุณลักษณะด้านการหุงต้มของขนมจีน โดยทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ลดลงค่าความต้านทานการดึงขาดเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$)

พิชิต (2550) ศึกษาการพัฒนาแป้งทำเส้นขนมจีนแบบสะดวกใช้ โดยทีมวิจัยได้นำผงแป้งข้าว พันธุ์ปลายงามปราจีนบุรีผสมกับแป้งพรีเจลที่พัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการจนได้เส้นขนมจีน พบว่า ขั้นตอน

การทำงาน ไม่พบกลิ่นแสบหมักปนเปื้อน มีเส้นขาว เหนียวนุ่ม สามารถทำกินเองที่บ้านได้ เหมาะที่จะต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมด้านการทำแปงขนมจีนสำเร็จรูป ได้นำแผ่นพรีเจลทำเส้นขนมจีนด้วยการบดให้เป็นผงแป้งละเอียดก่อน จึงนำไปผสมกับผงแป้งข้าวพันธุ์พลาญงามปราจีนบุรีที่ผ่านกระบวนการบดเป็นผงด้วยการแช่น้ำ 3 ชั่วโมงแล้วบดแบบเปียกหรือโม่แป้งที่รู้จักกันในสมัยก่อนแล้วอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และทิ้งไว้ 1 คืน สูตรที่ทีมนักวิจัยพัฒนาแล้วขึ้นรูปเส้นขนมจีนที่ดีที่สุดคือ การผสมแป้งละเอียดพลาญงามปราจีนบุรีในอัตรา 9 ส่วน ต่อแป้งพรีเจล 1 ส่วน และผสมน้ำร้อนหรือน้ำอุ่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีประมาณ 5 นาที แล้วจึงนวดกับน้ำร้อนให้ได้ความเหลวที่พอเหมาะก่อนนำไปเทใส่อุปกรณ์ทำเส้นด้วยมือและราดลงในกระทะน้ำร้อนที่ใส่เกลือลงไปป้องกันเส้นติดกระทะ แล้วนำมาขาวในน้ำเย็นประมาณ 2-3 ครั้งก่อนนำไปรับประทาน

ชลธิชา (2559) ศึกษาสูตรการผลิตที่เหมาะสม อายุการเก็บรักษาของขนมจีนน้ำยา ปู และศึกษาชนิดของน้ำยาที่เหมาะสมในการบริโภคพร้อมกับขนมจีนน้ำปูรวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขนมจีนน้ำยาปูสู่ชุมชนจากการศึกษารูปแบบการผลิตน้ำยาปูในเส้นขนมจีนพบว่าการผลิตแบบน้ำยาปูสดมีคะแนน ความชอบด้านกลิ่นมากกว่าน้ำยาปูแห้งโดยมีคะแนนเท่ากับ 6.07 ± 1.33 และ 5.77 ± 1.44 ตามลำดับจากนั้นเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในขนมจีนน้ำยาปูโดยศึกษาปริมาณน้ำปูร้อยละ 3 และ 6 ปริมาณตะไคร้ 150 และ 300 กรัม และปริมาณแป้งสาธิตร้อยละ 15 และ 20 โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 3 Factorial in CRD พบว่า ขนมจีนที่ประกอบด้วยปริมาณน้ำปูร้อยละ 6 ปริมาณแป้งสาธิตร้อยละ 20 และปริมาณตะไคร้ 300 กรัม ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและมีปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.01 และมีธาตุเหล็กเท่ากับ 144.42 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอื่น ($p < 0.05$)

จากรายงานการวิจัยที่กล่าวมา พบว่ามีการนำข้าวหรือธัญพืชมาทดแทนแป้งข้าวเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ กว๊ายเตี้ยวเส้นเล็กและขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวที่ได้รับความนิยมในการบริโภคของประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะในจังหวัดเพชรบุรี แต่เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมาทำมาเสริมหรือทดแทนแป้งข้าวในผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ จึงถือเป็นแนวทางที่จะช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพเหมาะสำหรับผู้บริโภคทุกวัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่อก สามารถศึกษาได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 2,2'-ไดฟีนิล-1-พิกิริไฮดราซึลไฮเดรต (2,2 Diphenyl-1picrylhydrazyl, A.R. grade, Sigma – Aldrich)
- 2,2'-อะซิโน-บิส (3-เอทิลเบนซไทอะโซลีน-6-ซัลโฟนิค เอซิด) (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid), A.R. grade, Sigma – Aldrich)
- เอทานอล (Ethanol, A.R. grade, Sigma – Aldrich)
- กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี (L-ascorbic acid, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- โฟลินซีโอเคาฟู (Folin-Clocalteu, A.R. grade, Garloerba)
- กรดแกลลิก (Galic acid, A.R. grade, Sigma)
- โทร็อกซ์ (Trolox, A.R. grade, AirosOrganics)
- กรดอะซิติก (Acetic acid, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- อาร์ทีฟิเชียล ซาลิวา (Artificial saliva, A.R. grade, Garloerba)
- เปปซิน (Pepsin, A.R. grade, Sigma)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, A.R. grade, Garloerba)
- โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate, A.R. grade, Sigma)
- แพนครีเอติน (Pancreatin, A.R. grade, AirosOrganics)
- แอมิโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase, A.R. grade, AirosOrganics)
- กรดบอริก (Boric acid, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- ฟีนอล (Phenol, A.R. grade, Sigma)
- โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- แกมมาอะมิโนบิวทริก (γ- Aminobutyric acid, A.R. grade, Garloerba)
- โซเดียมบอเรต (Sodium borate, A.R. grade, Sigma)
- โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulphate, A.R. grade, AirosOrganics)
- แอมิโลสจากมันฝรั่ง (Amylose from potato (A-0512), A.R. grade, Sigma – Aldrich)
- ไอโอดีน (Iodine, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)
- โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide, A.R. grade, Ajax Fineche Pty Ltd)

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อสุขภาพ

- แป้งมันสำปะหลัง (ตราดาว)
- แป้งข้าวท้องถิ่น
- แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่
- น้ำมันพืช (ตราโอลีน)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์, ยูวี-วิสิ-วิเบิล (Spectrophotometer, UV-VIS, Model UV mini 1240 V, Shimadzu)
- เครื่องปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก (Centrifuge small, Model Universal 32, Hettich Zentrifugen)
- เครื่องปั่น (Blender, Model HZ-2001, Philips)
- เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง (Electronic Balance, Model AG 245, MetlerToledo Thailand)
- บีกเกอร์ (Beaker)
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
- แท่งแก้ว (Stiring Rod)
- ขวดสีชาขนาดต่างๆ (Glass Dropper Bottles)
- หลอดหยด (Dropper)
- นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch)
- ปิเปต (Pipette)
- กล่องโฟม (Foam box)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ผ้าขาวบาง (Staining cloth)
- คิวเวต (Cuvette)

3.1.4 อุปกรณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อสุขภาพ

- เครื่องชั่ง (ยี่ห้อ TANITA KD-200 Max 2000 g)
- เครื่องผสมอาหาร KitchenAid
- เฝื่อนโรยเส้น
- เตาแก๊ส
- ชามผสม
- ถังถึง
- ที่ร่อนแป้ง
- ผ้าขาวบาง
- ทัพพี
- ตระกร้อมือ

- ถ้วยตวงของแห้ง
- ช้อนตวง

3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT plus, Godalming, Surrey UK)
- เครื่องวัดสี (Color Reader, CR 10, Konica Minolta, Japan)

3.1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบชิม เช่น แก้วน้ำ กระดาษทิชชู ภาชนะ ถ้วยพลาสติก ดินสอ
- แบบสอบถามการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ค)

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี

1.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวและขนมจีน และปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ประชากรในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรีจำนวน 89,634 คน (ระบบสถิติทางทะเบียน, 2560) ใช้วิธีการเลือกขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Yamane, 1976) คำนวณได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 398.22 คน เป็นอย่างน้อย ดังนั้น จึงใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบบังเอิญ โดยกระจายการเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามที่ได้ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ชุด ได้ค่าความเชื่อมั่นของก๋วยเตี๋ยวเท่ากับ 0.82 และขนมจีนเท่ากับ 0.89 ใช้ในการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภค

1.2 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window โดยมีวิธีจัดทำกับข้อมูลดังกล่าว ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ และค่าร้อยละ โดยใช้วิเคราะห์ตัวแปรข้อมูลพื้นฐานทั่วไป ได้แก่ อายุ เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ สำหรับการวิเคราะห์ด้านปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคกาแฟสดใช้ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม

ตัวอย่าง (S.D.) ของผู้บริโภค โดยกำหนดค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ (มากที่สุด = 5 คะแนน มาก = 4 คะแนน ปานกลาง = 3 คะแนน น้อย = 2 คะแนน น้อยที่สุด = 1 คะแนน) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัยที่กลุ่มผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ด้วยค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

2. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี และผลของพันธ์ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าว

2.1 การเตรียมข้าว

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 โดยการลงพื้นที่คัดเลือกแปลงเพาะปลูกข้าวในจังหวัดเพชรบุรี ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง โดยลงไปสร้างความเข้าใจให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในชุมชนถึงวิธีการจัดเก็บตัวอย่างและนำส่งมาขายให้กับนักวิจัย (ตามที่นัดหมายสถานที่) นำตัวอย่างข้าวที่ได้มาสีเป็นข้าวขาว และข้าวกล้อง (สำหรับข้าวไรซ์เบอร์รี่ สีเป็นข้าวกล้องเพียงอย่างเดียว) คัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ และแยกข้าวที่เสียและหักออก บรรจุในถุงพลาสติก และเก็บที่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

2.2 การเตรียมแป้งข้าวหมัก

การทำแป้งข้าว และข้าวกล้องท้องถิ่นหมัก ทำโดยนำข้าวท้องถิ่นมาแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ระบายน้ำออก หมักค้างไว้เป็นเวลา 2 คืน นำข้าวมาล้าง และนำไปโม่เปียกด้วยเครื่องโม่หินแบบไฟฟ้า น้ำแป้งที่ไหลออกมาจะกรองด้วยผ้าขาวบาง หากที่ติดผ้าขาวบางจะนำกลับไปโม่ใหม่ ได้น้ำแป้งละเอียด นอนน้ำแป้งทิ้งไว้ 1 คืน ทับน้ำแป้งในถุงผ้า 1 คืน (ดัดแปลงจาก ศจี สุวรรณศรี และปทุมทริกา, 2552) จากนั้นนำไปอบโดยเกลี่ยบางๆ บนถาด อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 12-14 จากนั้นบดด้วยเครื่องปั่น ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 Mesh บรรจุในถุงพลาสติก และเก็บที่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

2.3 การเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และขนมจีน

- การเตรียมก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

นำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก (ตามสูตรมาตรฐานของโรงงาน) เตรียมสารละลายน้ำแป้งในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่สูตรมาตรฐาน โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อแป้งเป็น 70:30 วางทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำแป้ง 60 กรัมลงในถาด นำไปนึ่งในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีพักให้เย็นประมาณ 5 นาที แล้วจึงลอกแผ่นก๋วยเตี๋ยวนอกจากถาด ทิ้งไว้ให้เกิดการคืนตัว เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปตัดเส้นด้วยเครื่องตัดเส้นแบบมือหมุน ให้เส้นมีความกว้างขนาด 7 มิลลิเมตร นำเส้นที่ได้ไปอบให้แห้งจนมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13 โดยใช้ตู้อบลมร้อน ใช้อุณหภูมิในการอบ 50 องศาเซลเซียส

- การเตรียมขนมจีน

นำแป้งข้าวเจ้าหมักจำนวน 500 กรัม มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยระหว่างบดให้เติมน้ำร้อนลงไปทีละน้อย นำมาปั่นเป็นก้อนกลมแล้วนำไปนึ่งให้ผิวนอกสุกประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาผสมด้วยเครื่องผสม kitchenaid เติมน้ำร้อนลงไปทีละน้อยจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำแป้งมาใส่ในกระบอบกบีบเส้นขนมจีน บีบแป้งลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเส้นขนมจีนสุก โดยสังเกตจากเส้นขนมจีนลอยที่ผิวน้ำ ใช้กระชอนช้อนเส้นขนมจีนใส่ในน้ำเย็นทันที 2 ครั้ง จากนั้นจับเส้นขนมจีนวางในภาชนะ (ดัดแปลงจาก ปิ่นพนธ์ และกิตติพงษ์, 2558)

2.4 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวท้องถิ่น และการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เส้นจากแป้งข้าวท้องถิ่น

1) การเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะร้อนของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

การศึกษาค่าของพันธุ์ข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะร้อนของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยเครื่อง RVA Model RVA 3C (Newport Scientific Pty Ltd, Warriewood, Australia) พารามิเตอร์ที่ศึกษาได้แก่ ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity; PV) ความหนืดต่ำสุด (Trough) ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Breakdown; BD) ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity; FV) ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (Setback) เวลาในการเกิดความหนืดสูงสุด (Peak time) และอุณหภูมิแป้งเปือก (Pasting temperature; PT) (ดัดแปลงจาก Schoch *et al.*, 1964)

2) การวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลส

- การสร้างกราฟมาตรฐานแอมิโลส

สร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของสารละลายมาตรฐานแอมิโลสจากมันฝรั่ง โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมิโลสจากมันฝรั่ง ความเข้มข้นเท่ากับ 8 16 24 32 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ตามลำดับ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 nm แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงมาสร้างเป็นกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณแอมิโลสกับค่าการดูดกลืนแสง โดยสามารถสร้างเป็นสมการ $Y = 0.0122X + 0.0015$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9992 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพผนวกที่ ก

- การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส

การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสใช้วิธีการของ Juliano (1971) โดยชั่งน้ำหนักแป้งข้าว 0.1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) เติมน้ำ 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร บีบสารละลายมา 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรอีกใบหนึ่ง เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโน

เมตร คำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ทั้ง 3 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลไปแทนค่า Y ในสมการกราฟมาตรฐานเอมิลโลส

3) การวัดค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* , b^*)

นำแป้งข้าวทอ้งถิ่นหรือผลิตภัณฑ์จากข้าวมาวัดค่าสีในระบบ CIELAB ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L^* (ค่าความสว่างของสีซึ่งมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง สีดำ, 100 หมายถึง สีขาว) a^* (“+” หมายถึง วัตถุมีสีแดง, “-” หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b^* (“+” หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, “-” หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) ทำการวัดค่าสีโดยนำตัวอย่างขนมตาลที่ต้องการวัดค่าสี วางบนภาชนะสีขาว แล้วนำเครื่องวัดค่าสีวางลงบนตัวอย่าง กดปุ่มวัดค่าสี จดบันทึกค่าที่ได้ ทำการทดสอบ 10 ซ้ำ กับตัวอย่างต่างชิ้นกัน

4) การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ละลายแป้งตัวอย่าง 25 กรัม ในน้ำกลั่น 50 ml คนให้เข้ากันประมาณ 1 นาที แล้วนำไปวัดค่า pH ด้วย pH meter

5) การคั่วตัวของก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในปิกเกอร์ทรงสูง ปิดฝาด้วยกระจกนาฬิกา ต้มให้เดือดด้วยแผ่นความร้อน (hot plate) ใส่เส้นก๊วยเตี๋ยว ประมาณ 5 กรัม ต้มเส้นตามเวลาที่เหมาะสมในการต้มก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็กให้สุก (Cooking Time) ระหว่างต้มใช้แท่งแก้วคนเบาๆ เพื่อให้เส้นกระจายตัว เทตัวอย่างลงตะแกรงลวด ใช้น้ำกลั่น ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ล้างเส้น ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ซึ่งน้ำหนักเส้นที่ได้ คำนวณอัตราการดูดน้ำในรูปของจำนวนเท่าของน้ำหนัก ตามวิธีของ AACC (1995)

3. พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวโดยใช้ แป้งข้าวกล้อง และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.1 การเตรียมข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่

1) การเตรียมข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่

เก็บตัวอย่างข้าวเปลือกข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพาะปลูกในหมู่บ้านนาบัว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ในเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม พ.ศ. 2559 นำตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้มาสีเป็นข้าวกล้องและข้าวขาว คัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์และแยกข้าวที่เสียและหักออก เก็บที่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

2) การเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 1.1 ไปแช่ในน้ำประปาโดยอัตราส่วนของข้าว : น้ำประปา เท่ากับ 1 : 3 (w/v) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปบ่มแห้งออกในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงพลาสติกโพรลีนฟอฟิลิน เก็บที่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

3) การวิเคราะห์ฤทธิ์ทางเคมีของข้าวไรซ์เบอร์รี่

- การเตรียมสารสกัดของข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่มาปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นทำการร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 50 เมช ทำการชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำ 95% เอทานอล 8 มิลลิเมตร นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 x g เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสโดยการกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นเก็บสารตัวอย่างที่เตรียมได้ใส่ขวดสีชา นำไปแช่เย็นทันที

- การวิเคราะห์หาปริมาณสารอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity

การวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยใช้วิตามินซี (L-ascorbic acid) เป็นสารมาตรฐานตามวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) โดยปีเปตสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เข้มข้น 0.12 mM ปริมาตร 3 มิลลิตร ทั้งหมด 3 ชุด ทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (% inhibition) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \times 100$$

หมายเหตุ: A_{blank} = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank DPPH

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของ sample

จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay จากกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระและสารมาตรฐานวิตามินซี ที่มีสมการคือ $y = 0.474x + 3.411$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9970 รายงานผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยในรูปแบบลิกรัมสมมูลของวิตามินซีต่อมิลลิกรัมของสารสกัด (mg VCE/ml extract) ดังภาคผนวก ก

- การวิเคราะห์หาปริมาณสารอนุมูลอิสระโดยวิธี 2, 2'-azinobis (3-ethyl benzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) radical scavenging activity

การวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay โดยใช้ Trolox (trolox) เป็นสารมาตรฐานตามวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) โดยปีเปตสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย ABTS solution ปริมาตร 3 มิลลิตร ทั้งหมด 3 ชุด ทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (% inhibition) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \times 100$$

หมายเหตุ: A_{blank} = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank ABTS

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของ sample

จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay จากกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระและสารมาตรฐานวิตามินซี ที่มีสมการคือ $y = 0.315x + 5.18$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9921 รายงานผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยในรูปแบบ มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (mg TE/ml extract) ดังภาคผนวก ก

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน ตามวิธีของ Zhou *et al.* (2004) โดยปีเปตสารสกัดข้าวไรซ์เบอริงอกจำนวน 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร แล้วเติมสารโพลินซิโอเคาทุ 250 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 20%w/v ปริมาตร 760 ไมโครลิตร นำไปจุ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำมาแช่เย็นทันที 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร คำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ทั้ง 3 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก โดยมีสมการคือ $Y = 0.003X + 0.013$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9980 รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยในรูปแบบ มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (mg GE/ml extract) ดังภาคผนวก ก

- การวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA

การวิเคราะห์หาปริมาณสาร GABA โดยใช้แกมมาอะมิโนบิวทริก (γ- aminobutyric acid, GABA) เป็นสารมาตรฐาน ตามวิธีของ Lee *et al.* (2010) ปีเปตสารสกัดข้าวไรซ์เบอริงอก จำนวน 0.3 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ pH 9 ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร และสารละลายฟีนอลความเข้มข้น 6% ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปแช่ในอ่างน้ำเย็นเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แช่ในอ่างน้ำเย็น 10 นาที หลังจากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำออกมาแช่ในอ่างน้ำเย็น 5 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร คำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ทั้ง 3 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณปริมาณสารประกอบ GABA จากกราฟมาตรฐาน GABA โดยมีสมการคือ $Y = 0.020X + 0.025$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9910 รายงานผลปริมาณสารประกอบ GABA เฉลี่ยในรูปแบบ มิลลิกรัม GABA ต่อ 100 กรัมสารตัวอย่าง (mg GABA/100 g sample) ดังภาคผนวก ก

3.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวโดยใช้แป้งข้าวกล้อง และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก

3.2.1 ศึกษาสูตร และกรรมวิธีการผลิตมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และขนมจีน

3.2.1.1 ศึกษาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เหมาะสม

คัดเลือกสูตรพื้นฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยว จากสูตรต้นแบบ 3 สูตร ได้แก่ สูตรการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (ธัญญาภรณ์, 2553) สูตรที่ 2 (กาญจนา และคงศักดิ์, 2559) และสูตรที่ 3 (ดัดแปลงจากถาวร, 2560) ทดลองผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตามวิธีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าว นำเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กของแต่ละสูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไป ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ (5-point hedonic scale) สำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้รับตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเปล่าและเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย คัดเลือกสูตรที่ได้รับความนิยมสูงสุด 1 สูตร เพื่อเป็นตัวแทนสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทยพื้นฐาน

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมสูตรพื้นฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยว 3 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวชัณนาท	180	210	180
แป้งมันสำปะหลัง	120	90	105
แป้งมันฝรั่ง	0	0	15
น้ำเปล่า	700	700	700

3.2.1.2 ศึกษาสูตรเส้นขนมจีนที่เหมาะสม

คัดเลือกสูตรเส้นขนมจีนที่เหมาะสมจาก 3 สูตร (รูปแบบที่ 1 การทำเส้นขนมจีนโดยการนำแป้งแบบเจลผสมกับแป้งแบบแห้ง (ชลธิชา, 2559) รูปแบบที่ 2 การทำเส้นขนมจีนโดยการนำแป้งไปต้ม (ดัดแปลงจากจารุพรพรณ และคณะ, 2558) และรูปแบบที่ 3 การทำเส้นขนมจีนโดยการนำก้อนแป้งไปนึ่ง (ปัญญนท์, 2558) ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าว นำเส้นขนมจีนมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไป ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ (5-point hedonic scale) สำหรับขนมจีน ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้รับตัวอย่างเส้นขนมจีนเปล่า และเส้นขนมจีนพร้อมทอดมันปลาทรายและน้ำจิ้ม จากนั้นลงคะแนนระดับความชอบซึ่งมีทั้งหมด 5 ระดับ โดย 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด 3 หมายถึงเฉยๆ และ 5 หมายถึงชอบมากที่สุดตามลำดับ คัดเลือกสูตรและกระบวนการผลิตรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงสุด 1 รูปแบบ เพื่อเป็นตัวแทนสูตรเส้นขนมจีนพื้นฐาน

3.2.2 การศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวก้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และขนมจีน

การออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวโดยการวางแผนการทดลองแบบ Simplex-Lattice Mixture Design ได้ทั้งหมด 12 สูตร ดังตารางที่ 3.2 และ 3.3 ทำการผลิตก๋วยเตี๋ยว และขนมจีน ตรวจสอบคุณภาพของเส้นหลังการนึ่ง (สำหรับก๋วยเตี๋ยว) และหลังการจับเส้น (สำหรับขนมจีน) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดดังนี้

1. การตรวจสอบลักษณะของก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง โดยการสังเกตลักษณะของแผ่นก๋วยเตี๋ยว ที่ได้ ความยากง่ายในการลอกออกจากถาดนึ่ง ลักษณะผิวหน้าและการตัดเส้น

2. การตรวจสอบลักษณะของเส้นขนมจีนหลังการจับเส้นขนมจีน โดยการสังเกตลักษณะของเส้นขนมจีนที่ได้ ความเหนียว ความนุ่ม และการขาดของเส้น

3. วิเคราะห์ความเป็นกรด-เบสของเส้นขนมจีน โดยใช้เครื่อง pH meter และปริมาณกรดทั้งหมด (titrable acidity, TA) ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

4. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีระบบ CIE (L^*, a^*, b^*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab

5. วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสที่เป็นองค์ประกอบของข้าว ด้วยวิธีการเกิดสีไอโอดีน ตามวิธีของ Juliano (1971)

6. ตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging capacity assay) และ ABTS (ABTS radical scavenging capacity assay) ตามวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method ตามวิธีของ Zhou *et al.* (2004)

7. การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหรือขนมจีนมาประเมินทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับความชอบ (5-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 19-25 ปี จำนวน 30 คน ได้แก่ ลักษณะทั่วไป (appearance) สี (color) กลิ่นรส (flavor) ความเหนียวนุ่ม (texture) และความชอบโดยรวม (overall acceptability) ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้รับตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเป่าและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กผัดไทย หรือเส้นขนมจีนเป่า และเส้นขนมจีนพร้อมทอดมันปลาทรายและน้ำจิ้ม จากนั้นลงคะแนนระดับความชอบซึ่งมีทั้งหมด 5 ระดับ โดย 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด 3 หมายถึงเฉยๆ และ 5 หมายถึงชอบมากที่สุดตามลำดับ

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3.2 สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และข้าวไรซ์เบอรี่ออกตามการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (โดยกำหนดปริมาณทั้งหมดเป็น 1 กรัม)

สูตรที่	ส่วนผสม		
	แป้งข้าวเจ้า	แป้งข้าวกล้อง	แป้งข้าวไรซ์เบอรี่
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0.5	0.5	0
5	0.5	0	0.5
6	0	0.5	0.5
7	0.25	0.75	0
8	0.25	0	0.75
9	0	0.25	0.75
10	0.75	0.25	0
11	0.75	0	0.25
12	0	0.75	0.25

ตารางที่ 3.3 สูตรขนมจีนที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าหมัก แป้งข้าวกล้องหมัก และข้าวไรซ์เบอรี่ออกตามการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (โดยกำหนดปริมาณทั้งหมดเป็น 1 กรัม)

สูตรที่	ส่วนผสม		
	แป้งข้าวเจ้าหมัก	แป้งข้าวกล้องหมัก	แป้งข้าวไรซ์เบอรี่
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0.5	0.5	0
5	0.5	0	0.5
6	0	0.5	0.5
7	0.25	0.75	0
8	0.25	0	0.75
9	0	0.25	0.75
10	0.75	0.25	0
11	0.75	0	0.25
12	0	0.75	0.25

3.2.3 การศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกในผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว และการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัม

- การศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกในผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ได้แก่ กว๊ายเตี่ยวเส้นเล็ก และขนมจีน โดยนำสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดจากข้อ 2) มาทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ระดับร้อยละ 0 5 15 25 35 และ 45 ของน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการผลิตกว๊ายเตี่ยว และขนมจีน ตรวจสอบคุณภาพของเส้นขนมจีนหลังการนึ่ง (สำหรับกว๊ายเตี่ยว) และหลังการจับเส้น (สำหรับขนมจีน) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด

- การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวที่ทำมาจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกด้วยกัวร์กัม โดยนำสูตรที่ดีที่สุดหรือสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุด มาทดลองใช้กัวร์กัมที่ระดับร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของน้ำหนักทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการผลิตกว๊ายเตี่ยว และขนมจีน ตรวจสอบคุณภาพของเส้นขนมจีนหลังการนึ่ง (สำหรับกว๊ายเตี่ยว) และหลังการจับเส้น (สำหรับขนมจีน) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด

3.2.4 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์กว๊ายเตี่ยวเส้นเล็กและขนมจีนเพื่อสุขภาพ

3.2.4.1 ศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่อกมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณความชื้นโดยวิธี Loss on drying at 135 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ AOAC, No: 925.45 (2012) (AOAC, 2012)

- ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method ตามวิธีของ AOAC, No: 991.20 (2012)

- ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction method ตามวิธีของ AOAC, No: 2003.05 (2012)

- ปริมาณเถ้าโดยวิธี Dry Ash Method ตามวิธีของ AOAC, No: 938.08 (2012)

- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณ (by difference ; include crude fiber) ตามวิธีของ AOAC, by calculation (2005)

- วิเคราะห์หาอัตราการย่อยแป้ง (*in vitro* starch digestibility) ตามวิธีของ Sopade and Gidley (2009) และ Mahasukhonthachat *et al.* (2010) โดยชั่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูนขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำที่พีเอช 7 ซาลิวา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำโซเดียมเพปซิน ใน กรดไฮโดรคลอริก 0.02 M (pH 2) จำนวน 5 มิลลิลิตร ภายในเวลา 15-20 วินาที จากนั้นนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที ทำการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 M จำนวน 5 มิลลิลิตร เติมน้ำอะซิเตทบัฟเฟอร์ จำนวน 25 มิลลิลิตร และเอนไซม์แพนครีเอติน/แอมิโลกลูโคซิเดสในอะซิเตทบัฟเฟอร์ จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคส ด้วย glucometer ที่เวลา 0 30 90 120 และ 180 นาที จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการย่อย

แป้งและประเมินค่าดัชนีน้ำตาลจากสมการ $GI = 39.21 + (0.803 \times H_{90})$ ตามวิธีการของ Goni *et al.* (1997)

3.2.4.2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ

- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่
 - ปริมาณความชื้นโดยวิธี Loss on drying at 135 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ AOAC, No: 925.45 (2012) (AOAC, 2012)
 - ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method ตามวิธีของ AOAC, No: 991.20 (2012)
 - ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction method ตามวิธีของ AOAC, No: 2003.05 (2012)
 - ปริมาณเถ้าโดยวิธี Dry Ash Method ตามวิธีของ AOAC, No: 938.08 (2012)
 - ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณ (By difference; include crude fiber) ตามวิธีของ AOAC, by calculation (2005)
- วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minolta Color Reader รุ่น CR 10, Japan)
- วิเคราะห์ฤทธิ์ทางเคมี ได้แก่
 - การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐาน รายงานผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลของวิตามินซีต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (mg VCE/ml extract) ตามวิธีของ Thaipong *et al.* (2006)
 - การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay โดยใช้โทรลออกซ์เป็นสารมาตรฐาน รายงานผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลของโทรลออกซ์ต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (mg TE/ml extract) ตามวิธีของ Thaipong *et al.* (2006)
 - ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compound, TPC) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน รายงานผลสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (mg GE/ml extract) ตามวิธีของ Zhou *et al.* (2004)
 - ปริมาณสาร GABA โดยใช้สาร GABA เป็นสารมาตรฐาน แสดงในรูปมิลลิกรัม GABA ต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mg GABA/100 g sample) ตามวิธีของ Lee *et al.* (2010)
 - การวิเคราะห์หาอัตราการย่อยแป้ง (*in vitro* starch digestibility) ตามวิธีของ Sopade and Gidley (2009) และ Mahasukhonthachat *et al.* (2010)

4. การประเมินต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ

คำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ ได้แก่ กว๊วยเตี้ยว เส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ และขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยคำนวณเทียบเป็น 1 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ และคำนวณรวมต้นทุนในส่วนค่าไฟ ค่าน้ำ ค่าเสื่อมราคา และค่าแรงงานร้อยละ 20 ของต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นงบดำเนินการโดยทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณงบประมาณในการดำเนินธุรกิจแปรรูปอาหาร

5. ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ

นำผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ ได้แก่ กว๊วยเตี้ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ และขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่ได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด จากการศึกษาข้อ 2 มาศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ

5.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ในการศึกษาเรื่องนี้จะใช้ประชากรในจังหวัดเพชรบุรี ทั้งเพศชายและเพศหญิง อายุ 15-70 ปี ขึ้นไปโดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มอาชีพ ดังนี้

1. นักเรียน/นักศึกษา
2. พนักงานบริษัทเอกชน
3. ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ
4. ผู้ประกอบธุรกิจส่วนตัว/เจ้าของกิจการ
5. อาชีพอิสระ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง จะทำการเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญหรือตามความสะดวก (convenience sampling) คือจะทำการออกแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากผู้บริโภคที่อายุระหว่าง 15-70 ปี ขึ้นไป ที่อยู่ในตลาดในตัวอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ คือแบบสอบถามผู้วิจัยสร้างขึ้นมาโดยการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ แล้วนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแบบสอบถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ ส่วนบุคคลต่อเนื่อง ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดแบบให้เลือกตอบ

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพในปัจจุบันด้าน สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า มี 5 ระดับ ได้แก่

- 5 เท่ากับ ชอบมากที่สุด
- 4 เท่ากับ ชอบมาก
- 3 เท่ากับ ชอบปานกลาง
- 2 เท่ากับ ชอบน้อย
- 1 เท่ากับ ชอบน้อยมาก

จากนั้นนำมาหาระดับคะแนนเฉลี่ย โดยที่กำหนดความสำคัญดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
- คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
- คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
- คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
- คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ ได้แก่ผลิตภัณฑ์ ระดับราคา สถานที่

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้บริโภคที่มีต่อตัวผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ ซึ่งใช้คำถามชนิดปลายเปิดเพื่อให้ผู้บริโภคแสดงความคิดเห็น เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ 120 คน โดยใช้วิธีจัดแจง วัตถุประสงค์ และรอเก็บแบบสอบถามด้วยตนเอง
2. นำแบบสอบถามที่รับคืนตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

5.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistic) ในการอธิบาย และสรุปลักษณะทั่วไปของตัวแปรต่างๆ โดยอาศัยค่าร้อยละ (Percentage) ค่าความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยแสดงเป็นตารางพร้อมคำอธิบาย ตาราง
2. ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความพึงพอใจในด้านต่างๆ ต่อการบริโภค ผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี T-test และ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1. พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี

4.1.1 พฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี

1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างแสดงด้วยตารางที่ 4.1 ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรีที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 58.75 มีอายุอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 29.25 มีระดับการศึกษาวุฒิปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.50 เป็นนักเรียนหรือนักศึกษามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.50 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 ถึง 20,000 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.50 และอยู่บ้านพักส่วนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.25

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	165	41.25
หญิง	235	58.75
อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี ลงมา	105	26.25
21-40 ปี	117	29.25
41-60 ปี	103	25.75
มากกว่า 61 ปี ขึ้นไป	75	18.75
การศึกษา		
ต่ำกว่าประถมศึกษา	70	17.5
ประถมศึกษา/มัธยมศึกษาตอนต้น	85	21.25
มัธยมศึกษาตอนปลาย/อนุปริญญา	80	20
ปริญญาตรี	130	32.5
สูงกว่าปริญญาตรี	35	8.75
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	130	32.5
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	102	25.5
พนักงานเอกชน	83	20.75
ธุรกิจส่วนตัว	73	18.25
อื่นๆ	12	3

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท ลงมา	109	27.25
5,001 - 20,000 บาท	186	46.5
20,001 - 30,000 บาท	100	25
30,001 ขึ้นไป	5	1.25
สถานที่พัก		
หอพักในมหาวิทยาลัย/เอกชน	86	21.5
บ้านเช่า	75	18.75
บ้านพักส่วนตัว	237	59.25
อื่นๆ	2	0.5

2) ข้อมูลการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการบริโภคก๋วยเตี๋ยวแสดงด้วยตารางที่ 4.2 ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่นิยมบริโภคก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.50 รับประทานก๋วยเตี๋ยวจำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.25 นิยมเลือกซื้อก๋วยเตี๋ยวที่ร้านอาหารตามท้องตลาดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.25 จ่ายเงินในการบริโภคก๋วยเตี๋ยวต่อครั้ง 21-30 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.50 พึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านมามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
ก๋วยเตี๋ยวที่ท่านบริโภคมากที่สุด		
ผัดไทย	162	40.50
ผัดซีอิ๊ว	46	11.50
ก๋วยเตี๋ยวน้ำ	158	39.50
ก๋วยเตี๋ยวแห้ง	34	8.50
อื่นๆ	0	0.00
ความถี่ของการรับประทานก๋วยเตี๋ยว		
น้อยกว่า 5 ครั้งต่อเดือน	25	6.25
จำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน	241	60.25
จำนวน 11-20 ต่อเดือน	98	24.50
มากกว่า 21 ครั้งต่อเดือน	36	9.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการบริโภคกล้วยเดี่ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
สถานที่ที่ท่านนิยมเลือกซื้อกล้วยเดี่ยวประจำ		
ศูนย์อาหารภายในห้างสรรพสินค้า	32	8.00
ร้านอาหารตามสถานที่ท่องเที่ยว	55	1.75
ร้านอาหารภายในโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย	67	16.75
ร้านอาหารตามท้องตลาด	241	60.25
อื่นๆ	5	1.25
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคกล้วยเดี่ยวต่อครั้ง		
ต่ำกว่า 20 บาท ลงมา	12	3.00
21-30 บาท	242	60.50
31-40 บาท	67	16.75
41-50 บาท	26	6.50
51 บาท ขึ้นไป	10	2.50
ความพึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคกล้วยเดี่ยวที่ผ่านมา		
พึงพอใจน้อยที่สุด	20	5.00
พึงพอใจน้อย	96	24.00
พึงพอใจ	244	61.00
พึงพอใจมาก	38	9.50
พึงพอใจมากที่สุด	2	0.50

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคกล้วยเดี่ยว

ปัจจัยด้านการผลิต ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่คำนึงถึงรสชาติที่อร่อยถูกปากของกล้วยเดี่ยว ค่าเฉลี่ย 3.93 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือลักษณะภายนอก (รูปร่าง หน้าตา และสีส้ม) ที่น่าสนใจของกล้วยเดี่ยว มีค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานกล้วยเดี่ยว มีค่าเฉลี่ย 3.88 อยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านราคา ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ มากที่สุดค่าเฉลี่ย 3.90 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือราคาของกล้วยเดี่ยวมีความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น มีค่าเฉลี่ย 3.75 อยู่ในระดับมาก กล้วยเดี่ยวมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น มีค่าเฉลี่ย 3.57 อยู่ในระดับมาก กล้วยเดี่ยวมีการแสดงราคาอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 3.52 อยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับกล้วยเดี่ยวมีสถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป มากที่สุดค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือกล้วยเดี่ยวสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว มีค่าเฉลี่ย 3.88 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือ สถานที่จัดจำหน่ายกล้วยเดี่ยวสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการกล้วยเดี่ยวมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น มีค่าเฉลี่ย 3.53 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคกล้วยเดี่ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	Mean	S.D.	ระดับ ความสำคัญ
ปัจจัยด้านการผลิต			
1) คุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานกล้วยเดี่ยว	3.88	0.91	มาก
2) ลักษณะภายนอก (รูปร่าง หน้าตา สีส่น) ที่น่าสนใจ	3.92	0.98	มาก
3) รสชาติที่อร่อยถูกปากของกล้วยเดี่ยว	3.93	1.11	มาก
ปัจจัยด้านราคา			
1) กล้วยเดี่ยวมีราคาที่คุณค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ	3.90	0.85	มาก
2) กล้วยเดี่ยวมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น	3.57	0.92	มาก
3) กล้วยเดี่ยวมีการแสดงราคากำกับอย่างชัดเจน	3.52	1.02	มาก
4) ราคาของกล้วยเดี่ยวมีความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น	3.75	0.91	มาก
ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย			
1) กล้วยเดี่ยวสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว	3.88	0.94	มาก
2) กล้วยเดี่ยวมีสถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป	3.92	0.89	มาก
3) สถานที่จัดจำหน่ายกล้วยเดี่ยวสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการ	3.53	0.96	มาก

4.1.2 ข้อมูลการบริโภคขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างแสดงด้วยตารางที่ 4.4 ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรีที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 58.25 มีอายุอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.50 มีระดับการศึกษาวุฒิปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.25 มีอาชีพธุรกิจส่วนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 34.00 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 ถึง 20,000 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.00 และอยู่บ้านพักส่วนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 69.25

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	167	41.75
หญิง	233	58.25
อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี ลงมา	101	25.25
21-40 ปี	110	27.50
41-60 ปี	111	27.25
มากกว่า 61 ปี ขึ้นไป	78	19.50
การศึกษา		
ต่ำกว่าประถมศึกษา	52	13.00
ประถมศึกษา/มัธยมศึกษาตอนต้น	78	19.50
มัธยมศึกษาตอนปลาย/อนุปริญญา	73	18.25
ปริญญาตรี	149	37.25
สูงกว่าปริญญาตรี	48	12.00
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	117	29.25
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	54	13.50
พนักงานเอกชน	82	20.50
ธุรกิจส่วนตัว	136	34.00
อื่นๆ	11	2.75
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท ลงมา	111	27.75
5,001 - 20,000 บาท	184	46.00
20,001 - 30,000 บาท	96	24.00
30,001 ขึ้นไป	9	2.25
สถานที่พัก		
หอพักในมหาวิทยาลัย/เอกชน	67	16.75
บ้านเช่า	53	13.25
บ้านพักส่วนตัว	277	69.25
อื่นๆ	3	0.75

2) ข้อมูลการบริโภคขนมเงินของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการบริโภคขนมเงินแสดงด้วยตารางที่ 4.5 ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่นิยมบริโภคขนมเงินทอดมันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.25 รับประทานขนมเงินจำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.00 นิยมเลือกซื้อก๊วยเตี๋ยวที่ร้านอาหารตามท้องตลาดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.25 จ่ายเงินในการบริโภคขนมเงินต่อครั้ง 21-30 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.00 พึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคขนมเงินที่ผ่านมามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.00

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการบริโภคขนมเงินของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
ขนมเงินที่ท่านบริโภคมากที่สุด		
ขนมเงินทอดมัน	149	37.25
ขนมเงินน้ำยา	70	17.50
ขนมเงินแกงไก่	44	11.00
ส้มตำขนมเงิน	134	33.50
อื่นๆ	3	0.75
ความถี่ของการรับประทานขนมเงิน		
น้อยกว่า 5 ครั้งต่อเดือน	79	19.75
จำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน	228	57.00
จำนวน 11-20 ต่อเดือน	79	19.75
มากกว่า 21 ครั้งต่อเดือน	14	3.50
สถานที่ที่ท่านนิยมเลือกซื้อขนมเงินประจำ		
ศูนย์อาหารภายในห้างสรรพสินค้า	33	8.25
ร้านอาหารตามสถานที่ท่องเที่ยว	71	17.75
ร้านอาหารภายในโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย	78	19.50
ร้านอาหารตามท้องตลาด	217	54.25
อื่นๆ	1	0.25
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคขนมเงินต่อครั้ง		
ต่ำกว่า 20 บาท ลงมา	56	14.00
21-30 บาท	252	63.00
31-40 บาท	51	12.75
41-50 บาท	30	7.50
51 บาท ขึ้นไป	11	2.75

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการบริโภคขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
ความพึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคขนมจีนที่ผ่านมา		
พึงพอใจน้อยที่สุด	16	4.00
พึงพอใจน้อย	184	46.00
พึงพอใจ	140	35.00
พึงพอใจมาก	55	13.75
พึงพอใจมากที่สุด	5	1.25

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคขนมจีน

ปัจจัยด้านการผลิต ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่คำนึงถึงรสชาติที่อร่อยถูกปากของขนมจีน ค่าเฉลี่ย 3.82 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานขนมจีน มีค่าเฉลี่ย 3.77 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือลักษณะภายนอก (รูปร่าง หน้าตา และสีส่น) ที่น่าสนใจของขนมจีน มีค่าเฉลี่ย 3.74 อยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านราคา ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับราคาของขนมจีนมีความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น มากที่สุดค่าเฉลี่ย 3.57 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ย 3.49 อยู่ในระดับปานกลาง ขนมจีนมีการแสดงราคากำกับอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 3.39 อยู่ในระดับปานกลาง ขนมจีนมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น มีค่าเฉลี่ย 3.36 อยู่ในระดับปานกลาง

ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับขนมจีนสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว มากที่สุดค่าเฉลี่ย 3.65 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ขนมจีนมีสถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป มีค่าเฉลี่ย 3.64 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือ สถานที่จัดจำหน่ายกึ่งยัดเยียดสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการกึ่งยัดเยียดมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น มีค่าเฉลี่ย 3.59 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	Mean	S.D.	ระดับ ความสำคัญ
ปัจจัยด้านการผลิต			
1) คุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานขนมจีน	3.77	0.76	มาก
2) ลักษณะภายนอก (รูปร่าง หน้าตา สีส่น) ที่น่าสนใจ	3.74	0.74	มาก
3) รสชาติที่อร่อยถูกปากของขนมจีน	3.82	0.75	มาก

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	Mean	S.D.	ระดับ ความสำคัญ
ปัจจัยด้านราคา			
1) ขนมจีนมีราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ	3.49	0.70	ปานกลาง
2) ขนมจีนมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น	3.36	0.67	ปานกลาง
3) ขนมจีนมีการแสดงราคาอย่างชัดเจน	3.39	0.65	ปานกลาง
4) ราคาของขนมจีนมีความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น	3.57	0.71	มาก
ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย			
1) ขนมจีนสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว	3.67	0.73	มาก
2) ขนมจีนมีสถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป	3.64	0.72	มาก
3) สถานที่จัดจำหน่ายขนมจีนสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการ	3.59	0.71	มาก

จากการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่จะรับประทานจำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน โดยทานสลับกับมื้อหลักซึ่งถือว่าควรปฏิบัติตามโภชนาการได้กำหนดโภชนบัญญัติไว้เป็นแนวทางในการบริโภคสำหรับคนไทยใช้ยึดเป็นแนวทางในการกินอาหารให้ถูกต้องตามหลักโภชนาการที่จะนำไปสู่การป้องกันไม่ให้เกิดภาวะขาดสารอาหาร และภาวะโภชนาการเกิน โดยให้รับประทานข้าวเป็นหลัก แต่สามารถสลับกับอาหารประเภทแป้งต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว บะหมี่ ขนมจีน ดังนั้นการกินข้าวเป็นอาหารหลักในสัดส่วนที่พอเหมาะสลับกับอาหารประเภทแป้งเป็นบางมื้อจึงเป็นสิ่งที่พึงปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การมีภาวะโภชนาการที่ดี (ทัศน, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของกลุ่มนักเรียนและนักศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่มีความถี่ในการรับประทานอาหารประเภทแป้ง คือ ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน วุ้นเส้น ค่าเฉลี่ย 3.62 อยู่ในระดับมาก (มโนลี, 2559) นอกจากนี้ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับราคา โดยก๋วยเตี๋ยวต้องมีราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ โดยวสุนธรี (2543) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่สำคัญคือ รายได้ซึ่งเป็นตัวกำหนดการตัดสินใจในการเลือกซื้อ หรือไม่ซื้ออาหารชนิดต่างๆ และอำนาจการซื้อ มีผลต่อการมีอาหารแต่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการโฆษณา

4.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี และผลของพันธุ์ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าว

3.2.5 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี และผลของพันธุ์ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

4.2.1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

1) ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์ชยันนาท 1 มีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุดเท่ากับ 31.80 ± 0.09 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พืชญโลก 1 กข 31 กข 41 กข 47 กข 61 และ กข 51 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสเท่ากับ 29.14 ± 0.28 27.53 ± 0.24 25.48 ± 0.09 25.10 ± 0.66 24.14 ± 0.50 23.95 ± 0.31 และ 19.86 ± 0.13 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

ข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี	ปริมาณแอมิโลส (กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม)
กข 31	25.48 ± 0.09^d
กข 41	25.10 ± 0.66^d
กข 47	24.14 ± 0.50^e
กข 51	19.86 ± 0.13^f
กข 61	23.95 ± 0.31^e
พืชญโลก 1	27.53 ± 0.24^c
สุพรรณบุรี 1	29.14 ± 0.28^b
ชยันนาท 1	31.80 ± 0.09^a

หมายเหตุ a-f หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) ค่าสีของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

ผลของค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ พันธุ์กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พืชญโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชยันนาท 1 แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่า ค่า L^* (ค่าความสว่าง) ของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง 67.33 ± 1.63 - 58.80 ± 0.35 โดยข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์กข 51 มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์ พืชญโลก 1 กข 31 กข 47 กข 41 กข 61 สุพรรณบุรี 1 และชยันนาท 1 ตามลำดับ สำหรับค่า a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง -5.27 ± 0.29 - -4.13 ± 0.57 สำหรับค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง 9.73 ± 0.64 - 6.40 ± 0.69

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

ข้าวท้องถิ่น เพชรบุรี	ค่าสี		
	ค่า a*	ค่า b*	ค่า L*
กข 31	-4.13±0.57 ^a	9.60±1.31 ^a	66.06±0.87 ^{ab}
กข 41	-4.17±0.76 ^a	9.73±0.64 ^a	64.33±0.67 ^{bc}
กข 47	-5.07±0.21 ^b	7.47±0.12 ^{bc}	64.80±0.11 ^{bc}
กข 51	-4.70±0.56 ^{ab}	7.80±0.44 ^b	67.33±1.63 ^a
กข 61	-4.90±0.20 ^{ab}	7.97±0.06 ^b	63.67±2.01 ^c
พิษณุโลก 1	-4.67±0.15 ^{ab}	8.10±0.17 ^b	66.07±0.45 ^{ab}
สุพรรณบุรี 1	-5.10±0.26 ^b	7.40±0.52 ^{bc}	60.13±0.74 ^d
ชัยนาท 1	-5.27±0.29 ^b	6.40±0.69 ^c	58.80±0.35 ^e

หมายเหตุ a-e หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3) ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์กข 31 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงสุดเท่ากับ 4.23±0.02 รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 51 สุพรรณบุรี 1 พิษณุโลก 1 กข 47 กข 41 กข 61 และชัยนาท 1 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียมเท่ากับ 4.19±0.02 4.14±0.01 4.14±0.02 4.06±0.01 3.92±0.01 3.77±0.02 และ 3.66±0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีของข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี

ข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
กข 31	4.23±0.02 ^a
กข 41	3.92±0.01 ^e
กข 47	4.06±0.01 ^d
กข 51	4.19±0.02 ^b
กข 61	3.77±0.02 ^f
พิษณุโลก 1	4.14±0.02 ^c
สุพรรณบุรี 1	4.14±0.01 ^c
ชัยนาท 1	3.66±0.01 ^g

หมายเหตุ a-g หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5) คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่า ข้าวท้องถิ่นที่มีปริมาณแอมิโลสสูง ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่าการคืนตัว (setback) สูง ในขณะที่ข้าวท้องถิ่นที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่าการคืนตัว (setback) ต่ำ โดยพบว่าข้าวที่มีข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่า peak viscosity, trough, breakdown, final viscosity, setback, peak time และ pasting temperature เท่ากับ 334.1 RVU., 198.5 RVU., 115.6 RVU., 405.8 RVU., 193.1 RVU., 5.8 min. และ 79.9°C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

พันธุ์ข้าว	Peak (RVU.)	Trough (RVU.)	Breakdown (RVU.)	Final Visc (RVU.)	Setback (RVU.)	Peak Time (min)	Pasting Temp (°C)
กข 31	306.7	201.4	105.3	372.9	171.5	5.9	78.3
กข 41	299.5	195.1	104.4	369.8	174.8	5.9	77.4
กข 47	298.4	190.0	104.8	362.7	172.7	5.9	80.6
กข 51	337.0	193.2	143.8	358.1	164.9	5.5	75.1
กข 61	297.8	187.3	110.5	355.5	168.2	5.9	79.9
พิษณุโลก 1	303.8	197.3	106.4	381.1	183.8	5.8	80.0
สุพรรณบุรี 1	329.0	225.7	103.3	401.6	180.2	5.9	79.1
ชัยนาท 1	334.1	198.5	115.6	405.8	193.1	5.8	79.9

4.2.1.2 การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

1) ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหลังนึ่งและหลังอบของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงตารางที่ 4.11 พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูง ทำให้ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพสูงโดยเส้นก๋วยเตี๋ยวมีผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวมาก ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย สีขาวขุ่น เมื่อนำไปอบแห้งจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะเส้นแข็ง และเหนียวมาก หดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่นออกเหลือง ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ กข 51 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ทำให้ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพต่ำ โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวมีผิวหน้าเรียบ ไม่เหนียว ลอกเป็นแผ่นไม่ค่อยได้ ขาดง่าย สีขาวขุ่นเล็กน้อย เมื่อนำไปอบแห้งจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะเส้นแข็งแต่เปราะมาก แตกหักง่าย หดตัวลงมาก สีขาวขุ่นค่อนข้างใส

ตารางที่ 4.11 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหลังนึ่งและหลังอบ

พันธุ์ข้าว	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
กข 31	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ เหนียว เล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่นเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็งแต่เปราะ หดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่น	
กข 41	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ เหนียวและนิ่มเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่นเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียวปานกลาง หดตัวลงปานกลาง สีขาวขุ่นเล็กน้อย	
กข 47	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว เล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่นเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียวปานกลาง หดตัวลงปานกลาง สีขาวขุ่นเล็กน้อย	

ตารางที่ 4.11 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
กข 51	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ ไม่เหนียว ลอกเป็นแผ่นไม่ค่อยได้ ขาดง่าย สีขาวขุ่นเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็งแต่เปราะมาก แตกหักง่าย หดตัวลงมาก สีขาวขุ่นค่อนข้างใส	
กข 61	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ เหนียว ลอกเป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่นเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียวปานกลาง หดตัวลงปานกลาง สีขาวขุ่นเล็กน้อย (ค่อนข้างใส)	
พิษณุโลก 1	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ เหนียวและนุ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่น	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียวปานกลาง หดตัวลงปานกลาง สีขาวขุ่นเล็กน้อย	

ตารางที่ 4.11 ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยว		รูปภาพ
สุพรรณบุรี 1	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวมาก ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย สีขาวขุ่น	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว หดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่นออกเหลือง	
ชัยนาท 1	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวมาก ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย สีขาวขุ่น	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียวมาก หดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่นออกเหลือง	

2) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสก้วยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงตารางที่ 4.12 พบว่าพันธุ์ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่นำมาผลิตก้วยเตี่ยวเส้นเล็กมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ผลการประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่มีที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี

พันธุ์ข้าว	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กข 31	3.87±1.22 ^{ab}	3.40±0.95 ^b	3.40±0.84 ^{bc}	3.83±1.32 ^{ab}	3.70±1.00 ^{bc}
กข 41	4.00±1.21 ^a	3.47±1.26 ^{ab}	3.63±1.42 ^{ab}	3.63±1.14 ^{bc}	3.83±1.12 ^{abc}
กข 47	4.03±0.91 ^a	3.90±0.91 ^{ab}	3.43±1.26 ^{bc}	3.40±1.14 ^{bc}	3.67±1.30 ^{bc}
กข 51	3.50±1.15 ^b	2.90±1.37 ^c	3.00±1.66 ^c	3.23±1.20 ^c	3.60±1.14 ^c
กข 61	3.83±0.78 ^{ab}	3.53±1.15 ^{ab}	3.87±1.09 ^{ab}	3.87±1.36 ^{ab}	4.07±0.77 ^{ab}
พิษณุโลก 1	3.93±0.73 ^{ab}	3.43±1.41 ^{ab}	3.40±1.25 ^{bc}	3.83±0.82 ^{ab}	3.97±0.80 ^{abc}
สุพรรณบุรี 1	4.00±0.93 ^a	3.47±1.18 ^{ab}	3.70±0.94 ^{ab}	3.90±1.01 ^{ab}	4.10±0.91 ^{ab}
ชัยนาท 1	4.23±0.99 ^a	3.93±1.00 ^a	4.07±0.85 ^a	4.27±0.77 ^a	4.23±0.76 ^a

หมายเหตุ a-c หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี กล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.03±0.91 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 กข 47 กข 41 พิษณุโลก 1 กข 31 และกข 61 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.03±0.91 4.00±0.93 4.00±1.21 3.93±0.73 3.87±1.22 และ 3.83±0.78 คะแนนตามลำดับ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.50±1.15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ในด้านกลิ่น กล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.93±1.00 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 47 กข 61 กข 41 และสุพรรณบุรี 1 มีคะแนนด้านกลิ่นเท่ากับ 3.90±0.91 3.53±1.15 3.47±1.26 3.47±1.18 3.87±1.22 และ 3.43±1.41 คะแนนตามลำดับ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 31 และพิษณุโลก 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.40±0.95 และ 2.90±1.37 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ กล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.07±0.85 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 61 สุพรรณบุรี 1 และกข 41 มีคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 3.87±1.09 3.70±0.94 และ 3.63±1.42 คะแนนตามลำดับ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 47 กข 31 พิษณุโลก 1 และกข 51 ซึ่งมีค่า

คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.43 ± 1.26 3.40 ± 0.84 3.40 ± 1.25 และ 3.00 ± 1.66 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.27 ± 0.77 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 กข 61 พิชณุโลก 1 และกข 31 มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 3.90 ± 1.01 3.87 ± 1.36 3.83 ± 0.82 และ 3.83 ± 1.32 คะแนน ตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 41 กข 47 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.63 ± 1.14 3.40 ± 1.14 และ 3.23 ± 1.20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.23 ± 0.76 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 กข 61 พิชณุโลก 1 และกข 41 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.10 ± 0.91 4.07 ± 0.77 3.97 ± 0.80 และ 3.83 ± 1.12 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 31 กข 47 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 ± 1.00 3.67 ± 1.30 และ 3.60 ± 1.14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่ากว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด

3) การคืนตัวของผลิตภัณฑ์กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็ก

การคืนตัวของผลิตภัณฑ์กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิชณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงตารางที่ 4.13 พบว่าข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์กข 51 มีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสูงสุดเท่ากับ 17.50 ± 0.33 รองลงมาคือข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 61 กข 41 กข 31 กข 47 พิชณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสูงสุดเท่ากับ 15.35 ± 0.24 14.28 ± 0.18 13.00 ± 0.74 12.85 ± 0.70 11.40 ± 0.16 11.36 ± 0.86 และ 10.53 ± 0.50 ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม พบว่าข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสูงสุดเท่ากับ 17.50 ± 0.33 รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พิชณุโลก 1 กข 47 กข 3 กข 41 กข 61 และกข 51 ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเท่ากับ 88.64 ± 0.86 88.60 ± 0.16 87.15 ± 0.70 87.00 ± 0.74 82.50 ± 0.33 84.65 ± 0.24 และ 85.72 ± 0.18 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของผลิตภัณฑ์
ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

ข้าวท้องถิ่น เพชรบุรี	ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ระหว่างการต้ม (Cooking Loss)	น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield)
กข 31	13.00±0.74 ^d	87.00±0.74 ^b
กข 41	14.28±0.18 ^c	85.72±0.18 ^e
กข 47	12.85±0.70 ^d	87.15±0.70 ^b
กข 51	17.50±0.33 ^a	82.50±0.33 ^c
กข 61	15.35±0.24 ^b	84.65±0.24 ^d
พิษณุโลก 1	11.40±0.16 ^e	88.60±0.16 ^a
สุพรรณบุรี 1	11.36±0.86 ^e	88.64±0.86 ^a
ชัยนาท 1	10.53±0.50 ^e	89.47±0.50 ^a

หมายเหตุ a-e หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3.2.6 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก และผลของพันธุ์ ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมักต่อคุณภาพของขนมจีน

4.2.2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี

1) ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี แสดง
ในตารางที่ 4.14 พบว่า ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณแอมิโลสสูงสุด
เท่ากับ 31.95±0.19 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พิษณุโลก
1 กข 31 กข 41 กข 47 กข 61 และกข 51 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสเท่ากับ 29.96±0.08
29.74±0.05 28.27±0.09 25.70±0.08 25.01±0.05 24.06±0.16 และ 21.73±0.13 กรัมต่อสตาร์ชข้าว
100 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 ปริมาณแอมิโลสของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ข้าวท้องถิ่นเพชรบุรี (หมัก)	ปริมาณแอมิโลส (กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม)
กข 31	28.27±0.09 ^d
กข 41	25.70±0.08 ^e
กข 47	25.01±0.05 ^f
กข 51	21.73±0.13 ^h
กข 61	24.06±0.16 ^g
พิษณุโลก 1	29.74±0.05 ^c
สุพรรณบุรี 1	29.96±0.08 ^b
ชัยนาท 1	31.95±0.19 ^a

หมายเหตุ a-g หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) ค่าสีของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ผลของค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ พันธุ์กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงในตารางที่ 4.15 พบว่า ค่า L^* (ค่าความสว่าง) ของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง 74.47 ± 0.95 - 58.47 ± 1.85 โดยข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์กข 51 มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 61 กข 41 สุพรรณบุรี 1 พิษณุโลก 1 กข 31 กข 47 และชัยนาท 1 ตามลำดับ สำหรับค่า a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง -4.83 ± 0.38 - -4.20 ± 0.35 สำหรับค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง 9.43 ± 0.12 - 7.20 ± 0.61

ตารางที่ 4.15 ค่าสีของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ข้าวท้องถิ่น เพชรบุรี	ค่าสี		
	ค่า a* ^{ns}	ค่า b*	ค่า L*
กข 31	-4.83±0.38	7.60±0.53 ^{cd}	62.77±0.72 ^c
กข 41	-4.43±0.46	8.43±0.23 ^{bc}	66.93±1.55 ^b
กข 47	-4.20±0.35	8.07±0.71 ^{bcd}	62.60±1.15 ^c
กข 51	-4.50±0.52	9.03±0.65 ^{ab}	74.47±0.95 ^a
กข 61	-4.53±0.12	9.43±0.12 ^a	73.27±0.64 ^a
พิษณุโลก 1	-4.63±0.25	7.47±0.38 ^{cd}	63.10±0.20 ^c
สุพรรณบุรี 1	-4.57±0.25	8.87±0.68 ^{ab}	65.97±1.96 ^b
ชัยนาท 1	-4.80±0.20	7.20±0.61 ^d	58.47±1.85 ^d

หมายเหตุ a-d หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3) ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี แสดงในตารางที่ 4.16 พบว่า ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดเท่ากับ 3.50±0.01 รองลงมาคือ ข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 51 พิษณุโลก 1 กข 41 กข 61 สุพรรณบุรี 1 และกข 31 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.49±0.01 3.47±0.01 3.37±0.01 3.35±0.01 3.26±0.01 และ 3.25±0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.16 ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีของข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
กข 31	3.25±0.01 ^f
กข 41	3.37±0.01 ^d
กข 47	3.27±0.02 ^f
กข 51	3.49±0.01 ^b
กข 61	3.35±0.01 ^e
พิษณุโลก 1	3.47±0.01 ^c
สุพรรณบุรี 1	3.26±0.01 ^f
ชัยนาท 1	3.50±0.01 ^a

หมายเหตุ a-f หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5) คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีหมัก ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงในตารางที่ 4.17 พบว่า ข้าวท้องถิ่นที่มีปริมาณแอมิโลสสูง ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่าการคืนตัว (setback) สูง ในขณะที่ข้าวท้องถิ่นที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่าการคืนตัว (setback) ต่ำ โดยพบว่าข้าวที่มีข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่า peak viscosity, trough, breakdown, final viscosity, setback, peak time และ pasting temperature เท่ากับ 317.3 RVU., 175.6 RVU., 141.8 RVU., 355.9 RVU., 188.3 RVU., 5.6 min. และ 79.1 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

พันธุ์ข้าว	Peak (RVU.)	Trough (RVU.)	Break down (RVU.)	Final Visc (RVU.)	Setback (RVU.)	Peak Time (min)	Pasting Temp (°C)
กข 31 (หมัก)	305.4	143.6	161.8	319.3	160.3	5.5	77.4
กข 41 (หมัก)	271.2	162.4	108.8	323.8	161.3	5.9	75.0
กข 47 (หมัก)	357.9	178.5	179.4	345.4	166.9	5.5	80.7
กข 51 (หมัก)	267.9	163.2	105.6	303.8	157.0	5.7	79.9
กข 61 (หมัก)	291.5	151.9	139.6	309.3	157.3	5.7	79.9
พิษณุโลก 1 (หมัก)	294.5	179.1	115.4	351.5	172.4	5.9	77.5
สุพรรณบุรี 1 (หมัก)	295.3	169.3	126.1	353.9	186.7	5.7	77.4
ชัยนาท 1 (หมัก)	317.3	175.6	141.8	355.9	188.3	5.6	79.1

4.2.1.2 การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมักต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมจีน

1) ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนหมักจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 แสดงตารางที่ 4.18 พบว่า เส้นขนมจีนหมักที่ทำจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูง ทำให้ได้เส้นขนมจีนที่มีคุณภาพสูงโดยเส้นขนมจีนมีเส้นยาว เหนียวนุ่ม หย่น หนึบ เส้นไม่ขาด สีขาวขุ่นค่อนข้างใส ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ กข 51 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ทำให้ได้เส้นขนมจีนที่มีคุณภาพต่ำ โดยเส้นขนมจีนมีลักษณะสั้น (เส้นไม่ยาว) เกาะกัน นุ่ม เส้นขาดง่าย สีขาวขุ่น

ตารางที่ 4.18 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก

พันธุ์ข้าว	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
กข 31	เส้นยาว เกะกั้น เหนียวนุ่มปานกลาง เส้นขาดปานกลาง สีขาวขุ่น	
กข 41	เส้นสั้น เกะกั้น นุ่ม เส้นขาดง่าย สีขาวขุ่น	
กข 47	เส้นยาว เหนียวนุ่มปานกลาง เส้นขาดปานกลาง สีขาวขุ่น	
กข 51	เส้นสั้น เกะกั้น นุ่ม เส้นขาดง่าย สีขาวขุ่น	
กข 61	เส้นยาว เหนียวนุ่มปานกลาง เส้นขาดปานกลาง สีขาวขุ่น	

ตารางที่ 4.18 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีหมัก (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
พิษณุโลก 1	เส้นยาว เหนียวนุ่มปานกลาง เส้นขาดปานกลาง สีขาวขุ่น	
สุพรรณบุรี 1	เส้นยาว เหนียวนุ่ม เส้นไม่ขาด สีขาวขุ่น	
ชัยนาท 1	เส้นยาว เหนียวนุ่ม หย่น หนึบ เส้นไม่ขาด สีขาวขุ่นค่อนข้างใส	

2) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นหมักที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ได้แก่ กข 31 กข 41 กข 47 กข 51 กข 61 พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และ ชัยนาท 1 แสดงตารางที่ 4.19 พบว่าพันธุ์ข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่นำมาผลิตเส้นขนมจีน มีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.19 ผลการประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่น

พันธุ์ข้าว	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กข 31	4.37±1.05 ^{ab}	3.40±1.31 ^{bc}	3.30±1.29 ^b	3.40±1.25 ^{bc}	3.27±1.39 ^{cd}
กข 41	4.20±1.05 ^{ab}	3.37±1.25 ^{bc}	3.07±1.23 ^b	3.13±1.34 ^{cd}	3.40±1.25 ^{bc}
กข 47	4.43±0.82 ^a	3.77±1.14 ^{ab}	3.10±1.09 ^b	2.97±1.22 ^{cde}	2.97±1.22 ^{cde}
กข 51	3.60±1.65 ^c	3.00±1.57 ^c	2.50±1.38 ^c	2.47±1.48 ^e	2.47±1.45 ^e
กข 61	3.93±1.25 ^{bc}	3.07±1.26 ^c	2.90±1.33 ^{bc}	2.70±1.35 ^{de}	2.80±1.33 ^{de}
พิษณุโลก 1	4.67±0.65 ^a	3.90±1.45 ^{ab}	3.90±1.04 ^a	3.73±1.24 ^{ab}	3.90±1.14 ^{ab}
สุพรรณบุรี 1	4.37±0.84 ^{ab}	3.83±1.07 ^{ab}	4.10±1.08 ^a	3.93±1.18 ^{ab}	4.00±1.03 ^a
ชัยนาท 1	4.63±0.60 ^a	4.30±0.64 ^a	4.10±0.79 ^a	4.07±0.81 ^a	4.10±0.83 ^a

หมายเหตุ a-e หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี เส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์พิษณุโลก 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.67±0.65 คะแนน อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 กข 47 สุพรรณบุรี 1 กข 31 และกข 41 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.63±0.60 4.43±0.82 4.37±0.84 4.37±1.05 และ 4.20±1.05 คะแนนตามลำดับ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 61 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.93±1.25 และ 3.60±1.65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ในด้านกลิ่น เส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.30±0.64 คะแนน อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์พิษณุโลก 1 สุพรรณบุรี 1 และกข 47 มีคะแนนด้านกลิ่นเท่ากับ 3.90±1.45 3.83±1.07 และ 3.77±1.14 คะแนนตามลำดับ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 31 กข 41 กข 61 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.40±1.31 3.37±1.25 3.07±1.26 และ 3.00±1.57 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ เส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.10±0.79 คะแนน อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และพิษณุโลก 1 มีคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 4.10±1.08 และ 3.90±1.04 คะแนนตามลำดับ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 31 กข 47 กข 41 กข 61 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30±1.29 3.10±1.09 3.07±1.23 2.90±1.33 และ 2.50±1.38 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส เส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชยันนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.07 ± 0.81 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และพิษณุโลก 1 มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 3.93 ± 1.18 และ 3.73 ± 1.24 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 31 กข 41 กข 47 กข 61 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ± 1.25 3.13 ± 1.34 2.97 ± 1.22 2.70 ± 1.35 และ 2.47 ± 1.48 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม เส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่พันธุ์แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชยันนาท 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.10 ± 0.83 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และพิษณุโลก 1 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.00 ± 1.03 และ 3.90 ± 1.14 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์กข 41 กข 31 กข 47 กข 61 และกข 51 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ± 1.25 3.27 ± 1.39 2.97 ± 1.22 2.80 ± 1.33 และ 2.47 ± 1.45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จะเห็นได้ว่าเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นหมักพันธุ์ชยันนาท 1 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด

ปริมาณแอมิโลสในข้าวเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และยังทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย (กรมการข้าว, 2551) ข้าวที่ใช้ทำแผ่นแป้งหรือผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจะต้องเป็นข้าวแอมิโลสสูง มีแป้งแข็งหรือค่อนข้างแข็ง เป็นข้าวเก่า จึงจะให้ลักษณะแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ดี (ละม้ายมาศ, 2551) ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสน้อยกว่าร้อยละ 27 ไม่เหมาะสมในการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว (งามชื่น, 2541)

ความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของแป้งได้ โดยลักษณะดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของข้าว โดยความหนืดเกิดขึ้นเมื่อแป้งได้รับความร้อน ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) หลังจากการเกิด peak viscosity ความหนืดจะลดลงเนื่องจากการแตกตัวของเม็ดแป้ง ความหนืดเปลี่ยนแปลงไปสู่ขั้นสลายตัว (break down) ค่า break down มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมิโลสเมื่อเข้าสู่ระยะการให้น้ำแป้งเย็นตัว ความหนืดจะกลับขึ้นมาสูงอีกครั้งความหนืดที่กลับสูงขึ้นมาอีกครั้งนี้ เรียกว่า setback มีรายงานว่าข้าวที่มีค่า breakdown สูง จะส่งผลทำให้มีค่า peak viscosity สูง (Varavinita *et al.*, 2003) และค่า setback มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมิโลส และแอมิโลสมีแนวโน้มเกิด retrogradation ได้มากกว่าแอมิโลเพกติน (เพลงพิน, 2541) ส่วนข้าวที่มีปริมาณแอมิโลเพกตินสูงจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) สูง จะทำให้ค่า peak viscosity สูง (Ye *et al.*, 2016) ข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีแอมิโลสสูง พบว่ามีค่า setback สูงกว่าข้าวท้องถิ่นพันธุ์อื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อลิษา และคณะ (2556) ที่ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของข้าวพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ข้าวเจ้าแอมิโลสสูง (ชยันนาท 1) และต่ำ (ข้าวดอกมะลิ 105 และ ปทุมธานี 1) และข้าวเหนียว (สันป่าตอง 1 และ กข10) พบว่า ข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสสูงจะมีค่า setback สูงกว่าข้าวเหนียวซึ่งมีแอมิโลสต่ำ ค่า

setback สูงส่งผลถึงคุณภาพแป้งสุกมีลักษณะแข็งถึงค่อนข้างแข็ง มีความคงตัวสูง และจะให้ลักษณะแผ่นก้วยเตี้ยที่ดีคือใส และเหนียว (ละม้ายมาศ, 2551) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งยังมีความสัมพันธ์กับค่า pH ที่ลดลงจากการเกิดกระบวนการหมัก และเกิดการย่อยคาร์โบไฮเดรตในข้าวด้วยเอนไซม์ (Yang and Tao, 2008)

4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ

4.3.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ก้วยเตี้ยเส้นเล็กจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ

4.3.1.1 การพัฒนาสูตรพื้นฐานของเส้นก้วยเตี้ย

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสก้วยเตี้ยเส้นเล็กสูตรพื้นฐาน 3 สูตร ได้แก่ สูตรการทำเส้นก้วยเตี้ยสูตรที่ 1 (ธัญญาภรณ์, 2553) สูตรที่ 2 (กาญจนา และคงศักดิ์, 2559) และสูตรที่ 3 (ดัดแปลงจากถาวร, 2560) แสดงตารางที่ 4.20 พบว่าสูตรการทำเส้นก้วยเตี้ยมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.20 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของเส้นก้วยเตี้ยสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	4.17±0.92 ^a	4.33±0.71 ^a	3.37±0.98 ^b
กลิ่น	4.00±0.59 ^a	4.15±0.95 ^a	3.37±0.75 ^b
รสชาติ	4.07±0.64 ^a	4.13±0.92 ^a	3.40±0.99 ^b
เนื้อสัมผัส	4.03±0.81 ^a	4.09±0.94 ^a	3.27±0.96 ^b
ความชอบโดยรวม	3.97±0.81 ^a	4.10±0.96 ^a	3.17±1.04 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร a-b ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.05$)

ในด้านสี ก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นก้วยเตี้ยสูตรที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.33±0.71 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.17±0.92 คะแนน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.37±0.98 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านกลิ่น ก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นก้วยเตี้ยสูตรที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.15±0.95 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านกลิ่นเท่ากับ 4.00±0.59 คะแนน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับก้วยเตี้ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.37±0.75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ กว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นกว๊ายเตี๋ยสูตรที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.13 ± 0.92 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 4.07 ± 0.64 คะแนน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ± 0.99 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส กว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นกว๊ายเตี๋ยสูตรที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.09 ± 0.94 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 4.03 ± 0.81 คะแนน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 ± 0.96 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม กว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นกว๊ายเตี๋ยสูตรที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.10 ± 0.96 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 3.97 ± 0.81 คะแนน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.17 ± 1.04 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่ากว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นกว๊ายเตี๋ยสูตรที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมากกว่าสูตรที่ 1 เล็กน้อย นอกจากนี้สูตรที่ 2 ยังมีความเหนียวกำลังดี เมื่อนำมาผัดเป็นกว๊ายเตี๋ยเส้นเล็กผัดไทยทำให้ผัดไทยที่ได้มีความอร่อยมากขึ้น จึงคัดเลือกสูตรนี้เป็นสูตรพื้นฐานในการทำกว๊ายเตี๋ยต่อไป

4.3.1.2 การทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์กว๊ายเตี๋ยเส้นเล็ก

1) ลักษณะปรากฏของเส้นกว๊ายเตี๋ย

ลักษณะปรากฏของเส้นกว๊ายเตี๋ยจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันหลังนึ่งและหลังอบแสดงตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันหลังนึ่งและหลังอบ

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยว		รูปภาพ
1 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 1:0:0)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว มาก ลอกเป็นแผ่นได้ดี สี ขาวขุ่น	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียวมาก หดรัดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่น	
2 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0:1:0)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าขื่น เหนียวและนิ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีนํ้าตาล อ่อน ขุ่นปานกลาง	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียวปาน กลาง หดรัดตัวลงปานกลาง สีนํ้าตาลอ่อน ขุ่นปาน กลาง	
3 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0:0:1)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าแฉะ ติดกาด ลอก เป็นแผ่นไม่ได้ สีม่วงเข้ม ชาดง่าย	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นเปราะ ไม่เหนียว เหนียวปานกลาง แตกหัก ง่าย หดรัดตัวลงมาก สีม่วง เข้ม	

ตารางที่ 4.21 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันหลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
4 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0.5:0.5:0)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ เหนียว ลอก เป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่นออก น้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง เหนียวปานกลาง แตกหักง่าย หดตัวลง เล็กน้อย สีขาวขุ่นออก น้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
5 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0.5:0:0.5)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าขึ้น ขาดง่าย พอสวมควร ลอกเป็นแผ่น ได้ สีม่วงปานกลาง	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง เปราะเล็กน้อย หดตัวลงปานกลาง สีม่วง ปานกลาง	
6 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0:0.5:0.5)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าขึ้น ขาดง่าย พอสวมควร ลอกเป็นแผ่น ได้ สีม่วงปานกลางออก น้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง เปราะเล็กน้อย หดตัวลงปานกลาง สีม่วง ปานกลางออกน้ำตาลอ่อน เล็กน้อย	

ตารางที่ 4.21 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันหลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
7 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0.25:0.75:0)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าขึ้น เหนียวและนุ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีนํ้าตาล อ่อน ชุ่มเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และหดรัดตัวปาน กลาง สีนํ้าตาลอ่อน ชุ่ม เล็กน้อย	
8 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0.25:0:0.75)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าและ ติดถาด ลอก เป็นแผ่นไม่ค่อยได้ สีม่วง ค่อนข้างเข้ม	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเปราะ หดตัว ลงมาก สีม่วงค่อนข้างเข้ม	
9 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0:0.25:0.75)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าและ ติดถาด ลอก เป็นแผ่นไม่ค่อยได้ สีม่วง ค่อนข้างเข้มออกนํ้าตาล อ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเปราะ หดตัว ลงมาก สีม่วงค่อนข้างเข้ม ออกนํ้าตาลอ่อน	

ตารางที่ 4.21 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันหลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
10 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0.75:0.25:0)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว มาก ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย สีขาวขุ่น	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียวมาก หดรัดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่น ออกเหลือง	
11 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0.75:0:0.25)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว พอสมควร ลอกเป็นแผ่น ได้ สีม่วงอ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียว หดรัด ตัวลงเล็กน้อย สีม่วงอ่อน	
12 (แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่อก = 0:0.75:0.25)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว พอสมควร ลอกเป็นแผ่น ได้ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาล อ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียว หดรัด ตัวลงเล็กน้อย สีม่วงอ่อนออก น้ำตาลอ่อน	

2) คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. ปริมาณแอมิโลสของเส้นก๋วยเตี๋ยว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้า ท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดง ในตารางที่ 4.22 พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีปริมาณแอมิโลสสูงสุด เท่ากับ 36.35 ± 0.08 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม รองลงมาคือ เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 10 4 11 12 2 7 5 6 8 9 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสเท่ากับ 33.67 ± 0.17 32.23 ± 0.05 30.72 ± 0.13 30.51 ± 0.09 28.84 ± 0.19 28.54 ± 0.33 28.18 ± 0.05 26.77 ± 0.09 25.89 ± 0.09 21.45 ± 0.10 และ 20.81 ± 0.56 กรัม ต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ปริมาณแอมิโลสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่น เพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกสูตรต่างๆ

เส้นก๋วยเตี๋ยว สูตรที่	ปริมาณแอมิโลส (กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม)
1	36.35 ± 0.08^a
2	28.84 ± 0.19^e
3	20.81 ± 0.56^j
4	32.23 ± 0.05^c
5	28.18 ± 0.05^f
6	26.77 ± 0.09^g
7	28.54 ± 0.33^{ef}
8	25.89 ± 0.09^h
9	21.45 ± 0.10^i
10	33.67 ± 0.17^b
11	30.72 ± 0.13^d
12	30.51 ± 0.09^d

หมายเหตุ a-j หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2. ค่าสีของของเส้นกล้วยเตี๋ย

ผลของค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ของเส้นกล้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.23 พบว่า ค่า L^* (ค่าความสว่าง) ของเส้นกล้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 46.47 ± 0.63 – 35.07 ± 0.23 โดยเส้นกล้วยเตี๋ยสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด รองลงมาคือ เส้นกล้วยเตี๋ยสูตรที่ 4 6 7 2 10 5 8 12 9 11 และ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกล้วน) ตามลำดับ สำหรับค่า a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ของเส้นกล้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง -0.57 ± 2.05 – -4.67 ± 0.06 สำหรับค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของเส้นกล้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 9.17 ± 0.06 – 4.60 ± 0.17

ตารางที่ 4.23 ค่าสีของเส้นกล้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกสูตรต่างๆ

เส้นกล้วยเตี๋ย สูตรที่	ค่าสี		
	ค่า a^*	ค่า b^*	ค่า L^*
1	-4.67 ± 0.06^d	7.93 ± 0.12^b	46.47 ± 0.63^a
2	-3.30 ± 0.10^c	9.20 ± 0.10^a	43.37 ± 0.46^c
3	-1.67 ± 0.25^{ab}	4.60 ± 0.17^d	35.07 ± 0.23^f
4	-4.00 ± 0.06^{cd}	8.73 ± 0.15^a	44.37 ± 0.12^b
5	-0.57 ± 2.05^a	5.23 ± 1.03^c	37.13 ± 1.11^e
6	-3.40 ± 0.10^c	8.93 ± 0.25^a	43.60 ± 0.36^{bc}
7	-3.67 ± 0.21^{cd}	9.17 ± 0.21^a	43.57 ± 0.38^{bc}
8	-1.77 ± 0.06^b	5.37 ± 0.31^c	35.87 ± 0.58^f
9	-1.80 ± 0.17^b	5.17 ± 0.06^{cd}	35.67 ± 0.23^f
10	-3.23 ± 0.23^c	9.17 ± 0.06^a	42.00 ± 0.26^d
11	-1.63 ± 0.12^{ab}	4.83 ± 0.15^{cd}	35.37 ± 0.12^f
12	-1.47 ± 0.25^{ab}	5.00 ± 0.10^{cd}	35.77 ± 0.58^f

หมายเหตุ a-f หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3. การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

การคืนตัวของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงตารางที่ 4.24 พบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 89.67 ± 0.18 - 79.82 ± 0.14 โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกล้วน) มีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมากที่สุด และเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มน้อยที่สุด สำหรับค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้มของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 20.18 ± 0.14 - 10.33 ± 0.18 โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกล้วน) มีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมากที่สุด และเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.24 น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ

เส้นก๋วยเตี๋ยว สูตรที่	ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ระหว่างการต้ม (Cooking Loss)	น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield)
1	10.33 ± 0.18^k	89.67 ± 0.18^a
2	15.35 ± 0.24^f	84.65 ± 0.24^f
3	20.18 ± 0.14^a	79.82 ± 0.14^k
4	13.17 ± 0.79^{ij}	86.83 ± 0.79^{bc}
5	14.28 ± 0.18^{gh}	85.72 ± 0.18^{de}
6	17.69 ± 0.30^d	82.31 ± 0.30^h
7	14.53 ± 0.50^g	85.47 ± 0.50^e
8	18.40 ± 0.16^c	81.60 ± 0.16^i
9	19.37 ± 0.30^b	80.63 ± 0.30^j
10	13.67 ± 0.45^{hi}	86.33 ± 0.45^{cd}
11	12.86 ± 0.50^j	87.14 ± 0.50^b
12	16.91 ± 0.37^e	83.09 ± 0.37^g

หมายเหตุ a-j หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4. การวิเคราะห์ฤทธิ์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรต่างๆ

ฤทธิ์ทางเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และโดยวิธี ABTS ของเส้นกล้วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของเส้นกล้วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ

สูตร ที่	ปริมาณสารประกอบ	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	
	ฟีนอลิกรวม (mg GE / ml extract)	DPPH (mg VCE / ml extract)	โดยวิธี ABTS (mg TE / ml extract)
1	11.46±0.17 ^h	15.25±1.13 ^f	13.58±0.30 ^h
2	30.77±0.74 ^e	24.53±0.66 ^c	24.20±1.86 ^{ef}
3	43.91±0.59 ^a	30.18±0.84 ^a	46.60±0.30 ^a
4	16.56±0.29 ^g	20.10±0.43 ^e	21.96±0.60 ^g
5	37.64±0.17 ^{bc}	25.04±0.25 ^c	27.47±0.31 ^c
6	35.58±0.87 ^{cd}	24.84±0.71 ^c	25.21±0.04 ^{de}
7	29.70±0.34 ^e	24.33±0.41 ^c	23.51±0.79 ^f
8	38.01±0.53 ^{bc}	25.14±0.31 ^c	32.13±0.29 ^b
9	39.25±0.39 ^b	28.47±0.91 ^b	46.43±0.52 ^a
10	23.23±0.17 ^f	19.49±0.43 ^e	21.10±0.03 ^g
11	25.25±0.17 ^f	22.32±0.58 ^d	25.44±0.30 ^d
12	35.13±0.74 ^d	27.76±0.28 ^b	32.13±0.52 ^b

หมายเหตุ a-h หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลของเส้นกล้วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก พบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมของเส้นกล้วยเตี๋ยวที่ใช้ในการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณฟีนอลิกรวมของเส้นกล้วยเตี๋ยวสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ล้วน) มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด เท่ากับ 43.91±0.59 mg GE /ml extract ส่วนเส้นกล้วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีปริมาณฟีนอลิกรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 11.46±0.17 mg GE /ml extract

ในด้านการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าเส้นกล้วยเตี๋ยวสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ล้วน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH สูงสุดเท่ากับ 30.18±0.84 mg VCE/ml extract และเส้นกล้วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH น้อยที่สุดเท่ากับ 15.25±1.13 mg VCE/ml extract ส่วนการทดสอบฤทธิ์

ด้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS พบว่าเส้นกวยเตียวยสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูง) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS สูงสุดเท่ากับ 46.60 ± 0.30 mg TE/ml extract และเส้นกวยเตียวยสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าสูง) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH น้อยที่สุดเท่ากับ 13.58 ± 0.30 mg TE/ml extract

5) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นกวยเตียวยจากแป้งข้าวเจ้า ท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงตารางที่ 4.26 พบว่าเส้นกวยเตียวยที่ผลิตจากที่มีส่วนผสมแตกต่างกันมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.26 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของเส้นกวยเตียวยที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

สูตร ที่	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	4.40 ± 0.81^a	4.13 ± 0.94^a	4.13 ± 0.94^a	4.00 ± 0.98^{ab}	4.23 ± 0.86^a
2	3.90 ± 0.88^b	3.57 ± 0.94^{bc}	3.43 ± 0.97^b	3.40 ± 0.81^{cd}	3.50 ± 0.94^b
3	1.47 ± 0.51^e	2.00 ± 0.69^e	1.87 ± 0.57^d	1.30 ± 0.47^g	1.47 ± 0.68^e
4	4.00 ± 0.69^b	4.07 ± 0.69^a	3.73 ± 0.69^{ab}	3.73 ± 0.83^{bc}	3.93 ± 0.64^a
5	2.63 ± 0.56^d	3.23 ± 0.77^c	2.70 ± 0.75^c	2.73 ± 0.78^e	3.00 ± 0.74^{cd}
6	2.70 ± 0.65^d	2.83 ± 0.70^d	2.67 ± 0.76^c	2.60 ± 0.56^e	2.73 ± 0.83^d
7	3.43 ± 0.94^c	3.30 ± 0.88^c	3.33 ± 0.88^b	3.30 ± 0.92^d	3.23 ± 0.82^{bc}
8	1.73 ± 0.45^e	2.30 ± 0.70^e	2.10 ± 0.31^d	1.80 ± 0.71^f	1.80 ± 0.41^e
9	1.50 ± 0.51^e	2.03 ± 0.69^e	2.00 ± 0.64^d	1.70 ± 0.65^f	1.63 ± 0.67^e
10	4.13 ± 0.73^{ab}	4.10 ± 0.71^a	4.07 ± 0.63^a	4.17 ± 0.83^a	4.22 ± 0.57^a
11	4.00 ± 0.73^b	3.90 ± 0.71^{ab}	4.00 ± 0.64^a	3.83 ± 0.83^{ab}	4.00 ± 0.58^a
12	3.80 ± 0.55^b	3.93 ± 0.74^{ab}	4.03 ± 0.85^a	3.90 ± 0.84^{ab}	3.97 ± 0.67^a

หมายเหตุ a-g หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี กวยเตียวยเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยกวยเตียวยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.40 ± 0.81 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกวยเตียวยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 10 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.13 ± 0.73 คะแนน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกวยเตียวยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 4 5 6 7 8 9 11 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านกลิ่น กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.13 ± 0.94 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 10 และ 4 มีคะแนนด้านกลิ่นเท่ากับ 4.10 ± 0.71 และ 4.07 ± 0.69 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 9 11 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.13 ± 0.94 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 10 11 และ 4 มีคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 4.07 ± 0.63 4.00 ± 0.64 4.03 ± 0.85 และ 3.73 ± 0.69 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 10 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.17 ± 0.83 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 12 และ 11 มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 4.00 ± 0.98 3.90 ± 0.84 และ 3.83 ± 0.83 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.23 ± 0.86 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 10 11 12 และ 4 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.22 ± 0.57 4.00 ± 0.58 3.97 ± 0.67 และ 3.93 ± 0.64 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่ากว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กสูตรที่ 12 ซึ่งมีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 0:0.75:0.25 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด นอกจากนั้นนอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ทางเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH และโดยวิธี ABTS สูง แต่อย่างไรก็ตามเส้นกว๋ยเตี่ยวที่ได้ยังมีความเหนียวอยู่ในระดับปานกลางอีกทั้งยังขาดง่ายจึงนำสูตรของกว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กที่ 12 ไปพัฒนาต่อโดยนำไปศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กว๋ยเตี่ยวเส้นเล็ก และการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัม

4.3.1.3 ผลของการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก้วยเตี๋ยเส้นเล็ก

1) ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ย

ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ยที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ แสดงตารางที่ 4.27 พบว่า เส้นก้วยเตี๋ยที่ทำจากข้าวกล้อง ท้องถิ่นล้วนทำให้ได้เส้นก้วยเตี๋ยที่มีคุณภาพสูงโดยเส้นก้วยเตี๋ยมีผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวมาก ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย สีขาวชุ่นออกน้ำตาลอ่อน เมื่อนำไปอบแห้งจะได้เส้นก้วยเตี๋ยที่มีลักษณะเส้นแข็ง และเหนียวมาก หดตัวลงเล็กน้อย สีขาวชุ่นออกน้ำตาลอ่อน ซึ่งเมื่อเพิ่มอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับต่างๆ ทำให้ได้เส้นก้วยเตี๋ยที่มีคุณภาพต่ำ โดยเส้นก้วยเตี๋ยมีผิวหน้าขรุขระ ไม่เหนียว ลอกเป็นแผ่นไม่ค่อยได้ ขาดง่าย สีออกม่วง เมื่อนำไปอบแห้งจะได้เส้นก้วยเตี๋ยที่มีลักษณะเส้นแข็งแต่เปราะมาก แตกหักง่าย หดตัวลงมาก สีออกม่วง

ตารางที่ 4.27 ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกในอัตราส่วนต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ย		รูปภาพ
1 (แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่ออก = 100:0)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี๋ยหลังนึ่ง	ผิวหน้าขรุขระ เหนียวและนิ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีน้ำตาล อ่อน เส้นชุ่นปานกลาง	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี๋ยหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว หด ตัวลงปานกลาง สีน้ำตาล อ่อน เส้นชุ่นปานกลาง	
2 (แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่ออก = 95:5)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี๋ยหลังนึ่ง	ผิวหน้าขรุขระ เหนียวและนิ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีน้ำตาล อ่อนอมม่วงเล็กน้อย เส้น ชุ่นปานกลาง	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก้วยเตี๋ยหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว หด ตัวลงปานกลาง สีน้ำตาล อ่อนอมม่วงเล็กน้อย เส้น ชุ่นปานกลาง	

ตารางที่ 4.27 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
3 (แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่ = 85:15)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าขึ้น เหนียวและนุ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีนํ้าตาล อ่อนอมม่วง เส้นขุ่นปาน กลาง	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว หด ตัวลงปานกลาง สีนํ้าตาล อ่อนอมม่วง เส้นขุ่นปาน กลาง	
4 (แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่ = 75:25)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว พอสสมควร ลอกเป็นแผ่น ได้ สีม่วงอ่อนออกนํ้าตาล อ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียว หดตัว ลงเล็กน้อย สีม่วงอ่อนออก นํ้าตาลอ่อน	
5 (แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่ = 65:35)	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าค่อนข้างขึ้น ขาด ง่ายพอสสมควร ลอกเป็น แผ่นได้ สีม่วงอ่อนออก นํ้าตาลอ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้น ก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว เล็กน้อย หดตัวลงปาน กลาง สีม่วงอ่อนออก นํ้าตาลอ่อน	

ตารางที่ 4.27 ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ย		รูปภาพ
6 (แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์ เบอร์รี่ = 55:45)	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ยหลังนึ่ง	ผิวหน้าขึ้น ขาดง่าย พอสวมควร ลอกเป็นแผ่น ได้ สีม่วงปานกลางออก น้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี๋ยหลังอบ	เส้นแข็ง เปราะเล็กน้อย หดรัดตัวลงปานกลาง สีม่วง ปานกลางออกน้ำตาลอ่อน เล็กน้อย	

2) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นก้วยเตี๋ยที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกระดับต่างๆ แสดงตารางที่ 4.28 พบว่าการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก้วยเตี๋ยเส้นเล็กมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.28 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นก้วยเตี๋ยจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ

สูตรที่	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	3.80±0.96 ^b	3.87±0.86 ^{bc}	3.90±0.96 ^{ab}	4.19±0.78 ^a	3.93±0.87 ^{ab}
2	3.93±0.84 ^{ab}	4.00±0.86 ^{abc}	3.90±0.92 ^{ab}	4.10±0.61 ^a	3.93±0.84 ^{ab}
3	4.30±0.65 ^a	4.37±0.60 ^a	4.30±0.60 ^a	4.17±0.70 ^a	4.33±0.92 ^a
4	4.03±0.72 ^{ab}	4.03±0.61 ^{ab}	4.30±0.61 ^a	4.13±0.78 ^a	4.27±0.58 ^a
5	3.60±0.89 ^{bc}	3.60±0.89 ^{cd}	3.57±0.94 ^{bc}	3.47±0.68 ^b	3.53±0.90 ^{bc}
6	3.23±1.01 ^c	3.30±0.88 ^d	3.30±1.02 ^c	3.13±0.97 ^b	3.17±0.99 ^c

หมายเหตุ a-d หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จะเห็นได้ว่ากายเตี้ยเส้นเล็กสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนแบ่งข้าวกล้อง:แบ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่
งอก 85:15 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับ

ก้วยเตี่ยวเส้นเล็กสูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 75:25 นอก จึงนำสูตรของก้วยเตี่ยวเส้นเล็กที่ 4 ไปพัฒนาต่อโดยนำไปศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัมต่อไป

4.3.1.4 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พัฒนาผลิตภัณฑ์ก้วยเตี่ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยกัวร์กัม

1) ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยว

ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 75:25 และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัมปริมาณต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ แสดงตารางที่ 4.29 พบว่า เส้นก้วยเตี่ยวที่ทำจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 75:25 เส้นก้วยเตี่ยวมีผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวพอสมควร ลอกเป็นแผ่นได้ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน เมื่อนำไปอบแห้งจะได้เส้นก้วยเตี่ยวที่มีลักษณะเส้นแข็งและเหนียว หดตัวลงเล็กน้อย สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน ซึ่งเมื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัมระดับต่างๆ ทำให้ได้เส้นก้วยเตี่ยวที่มีคุณภาพดีขึ้น เหนียว และไม่เปราะ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัมในระดับที่สูงเกินไปจะทำให้เส้นเหนียวหนาขึ้น ทำให้เป็นเส้นยากขึ้น

ตารางที่ 4.29 ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน หลังนึ่งและหลังอบ

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยว		รูปภาพ
1 (0% กัวร์กัม)	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวพอสมควร ลอกเป็นแผ่นได้ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียวพอสมควร หดตัวลงเล็กน้อย สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน	

ตารางที่ 4.29 ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกำร้กัมในปริมาณต่างๆ กัน หลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยว		รูปภาพ
2 (0.5% กำร้กัม)	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว พอสสมควร ลอกเป็นแผ่นได้ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียว พอสสมควร หดตัวลง เล็กน้อย สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน	
3 (1% กำร้กัม)	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียว ปานกลาง ลอกเป็นแผ่นได้ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็งและเหนียวปานกลาง หดตัวลงเล็กน้อย สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อน	
4 (1.5% กำร้กัม)	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ เหนียวและนุ่ม ลอกเป็นแผ่นได้ สีขาวขุ่น	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก้วยเตี่ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว หดตัวลงปานกลาง สีขาวขุ่น เล็กน้อย	

ตารางที่ 4.29 ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกั้วร็กัมในปริมาณต่างๆ กัน หลังนึ่งและหลังอบ (ต่อ)

สูตรที่	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยว		รูปภาพ
5 (2% กั้วร็กัม)	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังนึ่ง	ผิวหน้าเรียบ แข็ง เหนียวมาก ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย สีขาวขุ่น หนามาก	
	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ	เส้นแข็ง และเหนียว หดตัวลงเล็กน้อย สีขาวขุ่น ออกเหลือง หนามาก	

2) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกั้วร็กัมในปริมาณต่างๆ กัน แสดงตารางที่ 4.30 พบว่าปริมาณกั้วร็กัมที่เพิ่มขึ้นในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก มีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.30 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกั้วร็กัมในปริมาณต่างๆ กัน

สูตรที่	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	4.17±0.65 ^{ab}	4.10±0.61 ^{ab}	4.07±0.69 ^b	3.90±0.71 ^b	3.97±1.00 ^b
2	4.23±0.77 ^{ab}	4.00±0.77 ^b	4.17±0.85 ^{ab}	4.07±0.76 ^b	4.03±0.88 ^b
3	4.27±0.69 ^{ab}	4.13±0.73 ^{ab}	4.17±0.65 ^{ab}	4.10±0.84 ^b	4.13±0.63 ^b
4	4.37±0.61 ^a	4.37±0.61 ^a	4.43±0.50 ^a	4.43±0.50 ^a	4.53±0.51 ^a
5	3.97±0.72 ^b	3.93±0.69 ^b	4.17±0.75 ^{ab}	3.83±0.83 ^b	4.00±0.95 ^b

หมายเหตุ a-b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี เส้นก้วยเตี๋ยจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกั้วร็กัม ในปริมาณต่างๆ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยก้วยเตี๋ยเส้นเล็ก ที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกั้วร็กัมสูตรที่ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.37 ± 0.61 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับก้วยเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 3 2 และ 1 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.27 ± 0.69 4.23 ± 0.77 และ 4.17 ± 0.65 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับก้วยเตี๋ยเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่ 5 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ± 0.72 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนจากข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ

4.3.2.1 การคัดเลือกเส้นขนมจีนพื้นฐานของเส้นขนมจีน

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสเส้นขนมจีนที่มีสูตรการผลิต 3 สูตร ได้แก่ การทำเส้นขนมจีนสูตรที่ 1 (ชลธิชา, 2559) สูตรที่ 2 (ดัดแปลงจากจารุพรรณ และคณะ, 2558) และสูตรที่ 3 (ปิ่นทนต์, 2558) แสดงตารางที่ 4.31 พบว่าสูตรการทำเส้นขนมจีนมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.31 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นขนมจีนที่มีสูตรแตกต่างกัน

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	3.83 ± 1.01^b	3.83 ± 1.04^b	4.27 ± 0.68^a
กลิ่น	3.50 ± 0.98^b	3.53 ± 0.99^b	4.20 ± 0.65^a
รสชาติ	3.30 ± 1.02^b	3.43 ± 1.06^b	4.20 ± 0.83^a
เนื้อสัมผัส	2.80 ± 1.12^c	3.30 ± 1.17^b	4.40 ± 0.75^a
ความชอบโดยรวม	3.13 ± 1.20^b	3.40 ± 1.21^b	4.50 ± 0.56^a

หมายเหตุ a-c หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี เส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.27 ± 0.68 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ± 1.01 และ 3.83 ± 1.04 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านกลิ่น เส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นขนมจีนที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.20 ± 0.65 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 และ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 ± 0.99 และ 3.50 ± 0.98 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ เส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นขนมจีนที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.20 ± 0.83 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 และ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.43 ± 1.06 และ 3.30 ± 1.02 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส เส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นขนมจีนที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.40 ± 0.75 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 และ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 ± 1.17 และ 2.80 ± 1.12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม เส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรการทำเส้นขนมจีนที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.50 ± 0.56 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเส้นขนมจีนที่

ผลิตจากสูตรที่ 2 และ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ± 1.21 และ 3.13 ± 1.20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่าเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรการผลิตเส้นขนมจีนสูตรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงคัดเลือกสูตรนี้เป็นสูตรเส้นขนมจีนพื้นฐานในการผลิตเส้นขนมจีนต่อไป

4.3.2.2 การทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวกุ้งและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีน

1) ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน

ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกุ้งท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันแสดงตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกุ้งท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
1 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกุ้ง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 1:0:0)	เส้นยาว เหนียวนุ่ม หยวน หนึบ เส้นไม่ขาด สีขาวขุ่นค่อนข้างใส	
2 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกุ้ง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0:1:0)	เส้นยาว เหนียว เส้นไม่ขาด สีขาวขุ่นออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น	
3 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกุ้ง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0:0:1)	เส้นเกาะกัน แยกออกเป็นเส้นค่อนข้างยาก สีม่วงเข้ม	

ตารางที่ 4.32 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน (ต่อ)

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
4 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวก้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0.5:0.5:0)	เส้นยาว เหนียว นุ่ม สีขาวขุ่นออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น	
5 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวก้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0.5:0:0.5)	เส้นสั้น ขาดง่าย สีม่วง มีผงรำอยู่ในเส้น	
6 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวก้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0:0.5:0.5)	เส้นสั้น ขาดง่าย สีม่วงออกน้ำตาลอ่อน มีผง รำอยู่ในเส้น	
7 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวก้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0.25:0.75:0)	เส้นยาว เหนียวนุ่มปานกลาง เส้นไม่ขาด สี ขาวขุ่นออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น	
8 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวก้อง:แป้ง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0.25:0:0.75)	เส้นสั้น เกะกัณ สีม่วง มีผงรำอยู่ในเส้น	
9 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวก้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 0:0.25:0.75)	เส้นสั้น เกะกัณ สีม่วงออกน้ำตาลอ่อน มีผง รำอยู่ในเส้น	

ตารางที่ 4.32 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน (ต่อ)

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
10 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 0.75:0.25:0)	เส้นยาว เหนียวนุ่ม เส้นไม่ขาด สีขาวขุ่นออก น้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
11 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกล้อง: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 0.75:0:0.25)	เส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มปานกลาง สีม่วง อ่อน	
12 (แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกล้อง:แป้ง ข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 0:0.75:0.25)	เส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มปานกลาง สีม่วง อ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	

2) คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเส้นขนมจีน

2. ปริมาณแอมิโลสของเส้นขนมจีน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.33 พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีปริมาณแอมิโลสสูงสุดเท่ากับ 11.57 ± 0.88 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม รองลงมาคือ เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 7 4 6 10 2 8 9 11 5 12 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสเท่ากับ 9.44 ± 0.17 8.43 ± 0.05 8.27 ± 0.05 8.32 ± 0.08 7.25 ± 0.08 5.94 ± 0.08 5.64 ± 0.17 5.59 ± 0.05 4.82 ± 0.05 4.14 ± 0.08 และ 2.80 ± 0.09 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.33 ปริมาณแอมิโลสของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกสูตรต่างๆ

เส้นขนมจีน สูตรที่	ปริมาณแอมิโลส (กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม)
1	11.57±0.88 ^a
2	7.25±0.08 ^d
3	2.80±0.09 ^h
4	8.43±0.05 ^c
5	4.82±0.05 ^f
6	8.27±0.05 ^c
7	9.44±0.17 ^b
8	5.94±0.08 ^e
9	5.64±0.17 ^e
10	8.32±0.08 ^c
11	5.59±0.05 ^e
12	4.14±0.08 ^g

หมายเหตุ a-h หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2. ค่าสีของของเส้นขนมจีน

ผลของค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.34 พบว่า ค่า L^* (ค่าความสว่าง) ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 56.20 ± 1.00 – 36.67 ± 0.55 โดยเส้นขนมจีนสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด รองลงมาคือ เส้นขนมจีนที่ 4 2 11 10 7 8 12 5 9 6 และ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกล้วน) ตามลำดับ สำหรับค่า a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง -4.30 ± 0.20 – 0.17 ± 0.06 สำหรับค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 9.30 ± 0.87 – 4.60 ± 0.10

ตารางที่ 4.34 ค่าสีของเส้นขนมนเงินจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกสูตรต่างๆ

เส้นขนมนเงิน สูตรที่	ค่าสี		
	ค่า a*	ค่า b*	ค่า L*
1	-1.77±0.51 ^c	7.53±0.38 ^{bc}	56.20±1.00 ^a
2	-3.33±0.06 ^d	9.30±0.87 ^a	54.36±0.85 ^b
3	-1.67±0.12 ^{bc}	4.60±0.10 ^f	36.67±0.55 ^g
4	-4.50±0.10 ^f	6.70±0.26 ^d	54.66±0.30 ^b
5	-1.83±0.21 ^c	5.27±0.21 ^e	40.10±1.06 ^e
6	-2.10±0.10 ^c	5.17±0.06 ^{ef}	38.13±0.55 ^f
7	-4.30±0.20 ^f	7.00±0.10 ^{cd}	48.40±1.06 ^d
8	-0.53±0.58 ^a	5.80±0.26 ^e	40.67±1.47 ^e
9	-1.27±0.12 ^b	5.20±0.20 ^{ef}	39.43±0.29 ^{ef}
10	-3.80±0.10 ^e	7.83±0.06 ^b	49.93±0.68 ^c
11	-4.23±0.06 ^f	5.23±0.50 ^e	54.06±0.96 ^b
12	-0.17±0.06 ^a	5.30±0.08 ^e	40.57±0.49 ^e

หมายเหตุ a-g หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3. ค่าความเป็นกรด-ด่างผลิตภัณฑ์เส้นขนมนเงิน

ค่าความเป็นกรด-ด่างผลิตภัณฑ์เส้นขนมนเงินจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงตารางที่ 4.35 พบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของเส้นขนมนเงินจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 4.42±0.02-3.85±0.02 โดยเส้นขนมนเงินสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีค่าค่าความเป็นกรด-ด่างมากที่สุด และเส้นขนมนเงินสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกล้วน) มีค่าค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.35 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกสูตรต่างๆ

เส้นขนมจีน สูตรที่	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
1	4.42±0.02 ^a
2	4.34±0.02 ^b
3	3.85±0.02 ⁱ
4	4.12±0.01 ^d
5	4.01±0.01 ^f
6	3.98±0.01 ^g
7	4.28±0.01 ^c
8	3.92±0.02 ^h
9	3.96±0.01 ^g
10	4.04±0.01 ^e
11	4.03±0.02 ^{ef}
12	4.11±0.01 ^d

หมายเหตุ a-i หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4. การวิเคราะห์ฤทธิ์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออก

ฤทธิ์ทางเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และโดยวิธี ABTS ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดต่าง ๆ

สูตร ที่	ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวม	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	
	(mg GE / ml extract)	DPPH (mg VCE / ml extract)	ABTS (mg TE / ml extract)
1	10.79±0.68 ⁱ	9.30±0.52 ^e	17.47±0.51 ⁱ
2	28.72±0.17 ^d	10.31±0.46 ^e	25.01±0.30 ^h
3	36.26±0.51 ^a	20.20±0.77 ^a	41.27±0.31 ^a
4	20.11±0.88 ^f	9.71±0.34 ^e	25.52±0.30 ^h
5	16.56±0.29 ^g	14.55±0.45 ^d	31.68±0.29 ^e
6	31.28±0.48 ^c	16.67±0.47 ^{bc}	29.63±0.59 ^f
7	27.05±0.85 ^e	13.94±0.16 ^d	25.52±0.30 ^h
8	32.15±0.78 ^c	13.34±0.47 ^d	34.08±0.59 ^c
9	34.21±0.68 ^b	16.36±0.44 ^c	32.89±0.02 ^d
10	12.15±0.78 ^h	13.84±0.79 ^d	27.57±0.30 ^g
11	15.87±0.17 ^g	17.77±1.66 ^b	32.03±0.58 ^e
12	33.52±0.45 ^b	20.10±0.43 ^a	36.65±0.31 ^b

หมายเหตุ a-i หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก พบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ในการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณฟีนอลิกรวมของเส้นขนมจีนสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดล้วน) มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด เท่ากับ 36.26±0.51 mg GE /ml extract ส่วนเส้นขนมจีนสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีปริมาณฟีนอลิกรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 10.79±0.68 mg GE /ml extract

ในด้านการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าเส้นขนมจีนสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดล้วน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH สูงสุดเท่ากับ 20.20±0.77 mg VCE/ml extract และเส้นขนมจีนสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH น้อยที่สุดเท่ากับ 9.30±0.52 mg VCE/ml extract ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ 3 (สูตรที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สกัดล้วน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS สูงสุดเท่ากับ 41.27±0.31 mg TE/ml extract และเส้นขนมจีนสูตรที่ 1 (สูตรที่มีแป้งข้าวเจ้าล้วน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH น้อยที่สุดเท่ากับ 17.47±0.51 mg TE/ml extract

5) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้า ท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกัน แสดงตารางที่ 4.37 พบว่าเส้นขนมจีนที่ผลิตจากที่มีส่วนผสมแตกต่างกันมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.37 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของเส้นขนมจีนที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าจากข้าวท้องถิ่นเพชรบุรีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

สูตร	ลักษณะผลิตภัณฑ์				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	4.20±0.89 ^a	4.10±0.92 ^a	4.07±0.94 ^a	4.03±0.96 ^a	4.20±0.85 ^a
2	3.87±0.90 ^{ab}	3.53±0.94 ^{bc}	3.40±0.97 ^b	3.37±0.81 ^{bc}	3.47±0.94 ^b
3	1.40±0.50 ^e	1.90±0.71 ^e	1.77±0.57 ^d	1.27±0.45 ^f	1.37±0.49 ^f
4	3.90±0.66 ^{ab}	3.97±0.67 ^{ab}	3.70±0.70 ^{ab}	3.70±0.84 ^{ab}	3.90±0.66 ^a
5	2.57±0.57 ^d	3.17±0.79 ^c	2.67±0.76 ^c	2.67±0.84 ^d	2.97±0.76 ^{cd}
6	2.63±0.61 ^d	2.77±0.73 ^d	2.57±0.63 ^c	2.57±0.57 ^d	2.70±0.88 ^d
7	3.33±0.96 ^c	3.27±0.91 ^c	3.30±0.92 ^b	3.23±0.94 ^c	3.17±0.83 ^{bc}
8	1.70±0.47 ^e	2.23±0.73 ^e	2.03±0.32 ^d	1.77±0.73 ^e	1.77±0.43 ^e
9	1.47±0.51 ^e	1.97±0.67 ^e	1.93±0.64 ^d	1.67±0.66 ^e	1.60±0.67 ^{ef}
10	4.07±0.83 ^{ab}	3.93±0.78 ^{ab}	4.00±0.74 ^a	4.10±0.92 ^a	4.17±0.70 ^a
11	3.97±0.89 ^{ab}	3.80±0.76 ^{ab}	3.90±0.96 ^a	3.77±0.82 ^{ab}	3.93±0.69 ^a
12	3.70±0.53 ^b	3.83±0.79 ^{ab}	3.97±0.85 ^a	3.83±0.83 ^a	3.95±0.64 ^a

หมายเหตุ a-f หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.20±0.89 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 10 11 4 และ 2 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.07±0.83 3.97±0.89 3.90±0.66 และ 3.87±0.90 คะแนน ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 3 5 6 7 8 9 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ในด้านกลิ่น เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรี และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.10±0.92 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 4 10 12 และ 11 มีคะแนนด้านกลิ่น

เท่ากับ 3.97 ± 0.67 3.93 ± 0.78 3.83 ± 0.79 และ 3.80 ± 0.76 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.07 ± 0.94 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 10 12 11 และ 4 มีคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 4.00 ± 0.74 3.97 ± 0.85 3.90 ± 0.96 และ 3.70 ± 0.70 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.03 ± 0.96 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 10 12 11 และ 4 มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 4.10 ± 0.92 3.83 ± 0.83 3.77 ± 0.82 และ 3.70 ± 0.84 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าท้องถิ่นเพชรบุรี ข้าวกล้องท้องถิ่นเพชรบุรีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่มีปริมาณส่วนผสมแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.20 ± 0.85 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 10 12 11 และ 4 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.17 ± 0.70 3.95 ± 0.64 3.93 ± 0.69 และ 3.90 ± 0.66 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 5 6 7 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นว่าเส้นขนมจีนสูตรที่ 12 ซึ่งมีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก เท่ากับ 0:0.75:0.25 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด นอกจากนั้นนอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ทางเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และโดยวิธี ABTS สูง แต่อย่างไรก็ตามเส้นขนมจีนที่ได้ยังมีความเหนียวอยู่ในระดับปานกลางอีกทั้งยังขาดง่ายจึงนำสูตรของเส้นขนมจีนที่ 12 ไปพัฒนาต่อโดยนำไปศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อก โดยศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีน และการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกาวรั้ว

4.3.2.3 ผลของการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีน

1) ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน

ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกระดับต่างๆ หลังนึ่งและหลังอบ แสดงตารางที่ 4.38 พบว่า เส้นขนมจีนที่ทำจากข้าวกล้องท้องถิ่นล้วนทำให้ได้เส้นขนมจีนที่มีคุณภาพสูงโดยเส้นขนมจีนมีเส้นยาว เหนียว เส้นไม่ขาด สีขาวชุ่นออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น ซึ่งเมื่อเพิ่มอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกระดับต่างๆ ทำให้ได้เส้นขนมจีนที่มีคุณภาพต่ำ โดยเส้นขนมจีนมีเส้นสั้น ขาดง่าย สีม่วงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.38 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกในอัตราส่วนต่างๆ

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
1 (แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 100:0)	เส้นยาว เหนียว เส้นไม่ขาด สีขาวชุ่นออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น	
2 (แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 95:5)	เส้นยาว เหนียว เส้นไม่ขาด สีน้ำตาลอ่อนออกม่วงชุ่น มีผงรำอยู่ในเส้น	
3 (แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 85:15)	เส้นยาว เหนียวปานกลาง เส้นไม่ขาด สีน้ำตาลอ่อนออกม่วงชุ่น มีผงรำอยู่ในเส้น	
4 (แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อก = 75:25)	เส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มปานกลาง สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	

ตารางที่ 4.38 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ (ต่อ)

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
5 (แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 65:35)	เส้นค่อนข้างสั้น ขาดง่ายพอสมควร สีม่วงออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น	
6 (แป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ = 55:45)	เส้นสั้น ขาดง่าย สีม่วงออกน้ำตาลอ่อน มีผงรำอยู่ในเส้น	

2) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่อกระดับต่างๆ แสดงตารางที่ 4.39 พบว่าการทดแทนแป้งข้าวกล้องด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนมีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.39 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นขนมจีนจากแป้งข้าวกล้องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ

สูตร ที่	ลักษณะผลิตภัณฑ์				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	3.73±0.94 ^{bc}	3.80±0.85 ^{bc}	3.87±0.97 ^{ab}	4.13±0.73 ^a	3.87±0.86 ^{ab}
2	3.87±0.83 ^{abc}	3.93±0.85 ^{abc}	3.83±0.92 ^{ab}	4.07±0.80 ^a	3.87±0.83 ^{ab}
3	4.00±0.74 ^{ab}	4.30±0.65 ^a	4.27±0.64 ^a	4.20±0.81 ^a	4.30±0.95 ^a
4	4.23±0.68 ^a	4.02±0.64 ^{ab}	4.23±0.63 ^a	3.97±0.61 ^a	4.21±0.61 ^a
5	3.52±0.94 ^{cd}	3.53±0.94 ^{cd}	3.50±0.97 ^{bc}	3.40±0.72 ^b	3.47±0.94 ^{bc}
6	3.13±1.07 ^d	3.17±0.87 ^d	3.20±1.06 ^c	3.03±1.00 ^b	3.13±1.01 ^c

หมายเหตุ a-d หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จะเห็นได้ว่าเส้นขนมจีนสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ออก 85:15 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับเส้นขนมจีน

สูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้อง:แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 75:25 นอก จึงนำสูตรของเส้นขนมจีนที่ 4 ไปพัฒนาต่อโดยนำไปศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัมต่อไป

4.3.2.4 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยกัวร์กัม

1) ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน

ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 85:15 และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัมปริมาณต่างๆ แสดงตารางที่ 4.40 พบว่า เส้นขนมจีนที่ทำจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 75:25 เส้นขนมจีนมีเส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มปานกลาง สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย ซึ่งเมื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกัวร์กัมระดับต่างๆ ทำให้ได้เส้นขนมจีนที่มีคุณภาพดีขึ้น เหนียวมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัมในระดับที่สูงเกินไปจะทำให้เส้นเหนียวมากขึ้น ทำให้เป็นเส้นยากขึ้น

ตารางที่ 4.40 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
1 (0% กัวร์กัม)	เส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มปานกลาง สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
2 (0.5% กัวร์กัม)	เส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มปานกลาง สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
3 (1% กัวร์กัม)	เส้นยาวปานกลาง เหนียวนุ่มเพิ่มขึ้น สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	

ตารางที่ 4.40 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน (ต่อ)

สูตร	ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีน	รูปภาพ
4 (1.5% กัวร์กัม)	เส้นยาว เหนียวนุ่ม หย่น หนึบ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	
5 (2% กัวร์กัม)	เส้นยาวขาด สั้น หย่น หนึบ สีม่วงอ่อนออกน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย	

2) การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพโดยประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน แสดงตารางที่ 4.41 พบว่าปริมาณกัวร์กัมที่เพิ่มขึ้นในเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีผลต่อคุณภาพของเส้นขนมจีนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.41 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของเส้นขนมจีนจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ กัน

สูตร	ลักษณะผลิตภัณฑ์				
	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	4.20±0.71	4.03±0.61 ^{ab}	4.00±0.69 ^b	3.73±0.74 ^b	3.90±0.99 ^b
2	4.17±0.78	3.93±0.77 ^b	4.10±0.85 ^{ab}	3.97±0.75 ^b	3.97±0.87 ^b
3	4.13±0.63	4.10±0.71 ^{ab}	4.17±0.65 ^{ab}	4.03±0.81 ^b	4.13±0.63 ^{ab}
4	4.10±0.61	4.30±0.65 ^a	4.40±0.56 ^a	4.37±0.56 ^a	4.50±0.57 ^a
5	4.03±0.56	3.93±0.64 ^b	4.10±0.76 ^b	3.87±0.73 ^b	3.97±0.81 ^b

หมายเหตุ a-b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านสี เส้นขนมเงินจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกัน โดยเส้นขนมเงินที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.20 ± 0.71 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 2 3 4 และ 5 มีคะแนนด้านสีเท่ากับ 4.17 ± 0.78 4.13 ± 0.63 4.10 ± 0.61 และ 4.03 ± 0.56 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$)

ในด้านกลิ่น เส้นขนมเงินจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกัน โดยเส้นขนมเงินที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมสูตรที่ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.30 ± 0.65 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 3 และ 1 มีคะแนนด้านกลิ่นเท่ากับ 4.10 ± 0.71 และ 4.03 ± 0.61 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 5 และ 2 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ± 0.64 และ 3.93 ± 0.77 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านรสชาติ เส้นขนมเงินจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกัน โดยเส้นขนมเงินที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมสูตรที่ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.40 ± 0.56 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 3 และ 2 มีคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 4.17 ± 0.65 และ 4.10 ± 0.85 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 5 และ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ± 0.76 และ 4.00 ± 0.69 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านเนื้อสัมผัส เส้นขนมเงินจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยเส้นขนมเงินที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมสูตรที่ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.37 ± 0.56 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 3 2 5 และ 1 มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 4.03 ± 0.81 3.97 ± 0.75 3.87 ± 0.73 และ 3.73 ± 0.74 คะแนนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความชอบโดยรวม เส้นขนมเงินจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน โดยเส้นขนมเงินที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมสูตรที่ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.50 ± 0.57 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 3 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.13 ± 0.63 คะแนนตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับเส้นขนมเงินที่ผลิตจากสูตรที่ 5 2 และ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ± 0.81 3.97 ± 0.87 และ 3.90 ± 0.99 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่าเส้นขนมเงินสูตรที่ 4 ซึ่งเป็นเส้นขนมเงินจากข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่อกที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัมในปริมาณ 1.5% มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงนำสูตรของเส้นขนมเงินที่ 4 ไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการต่อไป

4.4 ผลของคุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องจากข้าวพันธุ์ท้องถิ่นของเพชรบุรีและข้าวไรซ์เบอร์รี่

4.4.1 คุณสมบัติทางเคมีของข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องท้องถิ่นและข้าวไรซ์เบอร์รี่

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแป้งข้าวชัณนาท 1 (ไม่หมัก และหมัก) แป้งข้าวกล้องชัณนาท 1 แป้งข้าวกล้องชัณนาท 1 (ไม่หมัก และหมัก) และข้าวไรซ์เบอร์รี่แสดงดังตารางที่ 4.42 4.43 และ 4.44 ตามลำดับ พบว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความชื้นร้อยละ 9.84 โปรตีนร้อยละ 8.94 ไขมันร้อยละ 4.45 เส้นใยร้อยละ 0.74 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.03 และปริมาณ GABA เท่ากับ 10.04 mg/100g เมื่อนำไปวิเคราะห์และคำนวณหาค่าดัชนีน้ำตาล พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าดัชนีน้ำตาล 54.66 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม

ตารางที่ 4.42 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวชัณนาท 1 (ไม่หมัก และหมัก)

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งข้าวชัณนาท 1	
	ไม่หมัก	หมัก
ความชื้น (%)	9.26	8.97
โปรตีน (%)	6.72	5.82
ไขมัน (%)	0.77	0.68
เส้นใย (%)	0.26	0.29
คาร์โบไฮเดรต (%)	82.99	84.24

ตารางที่ 4.43 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องชัณนาท 1 (ไม่หมัก และหมัก)

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งข้าวกล้องชัณนาท 1	
	ไม่หมัก	หมัก
ความชื้น (%)	9.66	9.83
โปรตีน (%)	7.21	6.22
ไขมัน (%)	2.03	2.20
เส้นใย (%)	0.50	0.39
คาร์โบไฮเดรต (%)	80.60	81.36

ตารางที่ 4.44 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่
ความชื้น (%)	9.84
โปรตีน (%)	8.94
ไขมัน (%)	4.45
เถ้า (%)	0.74
คาร์โบไฮเดรต (%)	76.03
GABA (mg/100g)	10.04

4.4.2 คุณภาพของของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ

1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ได้แก่ ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางเคมี (ตาราง 4.45) ในด้านค่าสี ก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่า และค่าสีแดง (a^*) สูงกว่าก๋วยเตี๋ยวสูตรพื้นฐาน

ในด้านองค์ประกอบทางเคมี ก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีความชื้นร้อยละ 9.73 โปรตีนร้อยละ 5.50 ไขมันร้อยละ 3.00 เถ้าร้อยละ 0.39 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 81.38 สำหรับก๋วยเตี๋ยวสูตรพื้นฐาน พบว่ามีความชื้นร้อยละ 8.73 โปรตีนร้อยละ 5.58 ไขมันร้อยละ 2.62 เถ้าร้อยละ 0.26 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 82.81

ในด้านฤทธิ์ทางเคมี การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเส้นก๋วยเตี๋ยวใช้ 2 วิธีคือ DPPH และ ABTS radical พบว่าก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีค่า DPPH, และ ABTS เท่ากับ 28.07 mg VCE/ml extract และ 27.47 mg TE/ml extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าก๋วยเตี๋ยวสูตรพื้นฐานซึ่งมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 15.25 mg VCE/ml extract และ 13.58 mg TE/ml extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมของก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีค่า 34.11 mg GE/ml extract ซึ่งมีค่ามากกว่าก๋วยเตี๋ยวสูตรพื้นฐาน (11.46 mg GE/ml extract) ปริมาณสาร GABA ของก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีค่า 2.36 mg GABA/100 g sample ซึ่งมีค่ามากกว่าก๋วยเตี๋ยวสูตรพื้นฐาน

ในด้านค่าดัชนีน้ำตาลพบว่ากล้วยเดี่ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพมีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 45.13 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม ซึ่งต่ำกว่ากล้วยเดี่ยวสูตรพื้นฐานที่ค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 55.46 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100

ตารางที่ 4.45 ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางเคมีของกล้วยเดี่ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพ	กล้วยเดี่ยวสูตรพื้นฐาน	กล้วยเดี่ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ
ค่าสี		
L*	46.47±0.63 ^a	39.10±0.36 ^b
a*	-4.67±0.06 ^a	-1.43±0.06 ^b
b*	7.93±0.12 ^a	5.30±0.23 ^b
องค์ประกอบทางเคมี		
ความชื้น (%)	8.73	9.73
โปรตีน (%)	5.58	5.50
ไขมัน (%)	2.62	3.00
เถ้า (%)	0.26	0.39
คาร์โบไฮเดรต (%)	82.81	81.38
ฤทธิ์ทางเคมี		
DPPH scavenging activity (mg VCE/ml extract)	15.25±1.13 ^b	28.07±0.47 ^a
ABTS scavenging activity (mg TE/ml extract)	13.58±0.30 ^b	27.47±0.29 ^a
Total phenolic compound (mg GE/ml extract)	11.46±0.17 ^b	34.11±0.17 ^a
GABA (mg GABA/100 g sample)	Not detected	2.36±0.05
ค่าดัชนีน้ำตาล (g/100g dry starch)	55.46	45.13

หมายเหตุ a-b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมจีน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเพื่อสุขภาพเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ได้แก่ ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางเคมี (ตาราง 4.46) ในด้านค่าสี ขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเพื่อสุขภาพมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่า และค่าสีแดง (a^*) สูงกว่าขนมจีนสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 4.46 ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางเคมีของขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเพื่อสุขภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพ	ขนมจีนสูตรพื้นฐาน	ขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเพื่อสุขภาพ
ค่าสี		
L^*	56.20 ± 1.00^a	37.07 ± 1.24^b
a^*	-1.77 ± 0.51^a	-1.50 ± 0.26^b
b^*	7.53 ± 0.38^a	4.43 ± 0.23^b
องค์ประกอบทางเคมี		
ความชื้น (%)	82.03	85.91
โปรตีน (%)	0.79	0.97
ไขมัน (%)	0.10	0.45
เถ้า (%)	0.06	0.06
คาร์โบไฮเดรต (%)	17.02	12.61
ฤทธิ์ทางเคมี		
DPPH scavenging activity (mg VCE/ml extract)	9.30 ± 0.52^b	19.69 ± 0.73^a
ABTS scavenging activity (mg TE/ml extract)	17.47 ± 0.51^b	36.48 ± 0.03^a
Total phenolic compound (mg GE/ml extract)	10.79 ± 0.68^b	34.11 ± 0.17^a
GABA (mg GABA/100 g sample)	Not detected	1.46 ± 0.05
ค่าดัชนีน้ำตาล (g/100g dry starch)	59.73	45.14

หมายเหตุ a-b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านองค์ประกอบทางเคมี ขนมหินจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพมีความชื้นร้อยละ 85.91 โปรตีนร้อยละ 0.97 ไขมันร้อยละ 0.45 เถ้าร้อยละ 0.06 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 12.61 สำหรับขนมหินสูตรพื้นฐาน พบว่ามีความชื้นร้อยละ 82.03 โปรตีนร้อยละ 0.79 ไขมันร้อยละ 0.10 เถ้าร้อยละ 0.06 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 17.02

ในด้านฤทธิ์ทางเคมี การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเส้นขนมหินใช้ 2 วิธีคือ DPPH และ ABTS radical พบว่าขนมหินจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพมีค่า DPPH, และ ABTS เท่ากับ 19.69 mg VCE/ml extract และ 36.48 mg TE/ml extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าขนมหินสูตรพื้นฐานซึ่งมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 9.30 mg VCE/ml extract และ 17.47 mg TE/ml extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมของขนมหินจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพมีค่า 34.11 mg GE/ml extract ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยสูตรพื้นฐาน (10.79 mg GE/ml extract) ปริมาณสาร GABA ของขนมหินจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพมีค่า 1.46 mg GABA/100 g sample ซึ่งมีค่ามากกว่าขนมหินสูตรพื้นฐาน

ในด้านค่าดัชนีน้ำตาลพบว่าขนมหินจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพมีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 45.14 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100 กรัม ซึ่งต่ำกว่าขนมหินสูตรพื้นฐานที่ค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 59.73 กรัมต่อสตาร์ชข้าว 100

4.4.2 การยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคที่มีผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวเพื่อสุขภาพ

1) การยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคที่มีต่อกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

คะแนนความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจากผู้บริโภคที่มีต่อกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 4.47 และ 4.48 พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีผลการยอมรับในด้าน สี และรสชาติ อยู่ในระดับมาก และด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 99.17 มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 97.50 โดยซื้อเป็นของฝากร้อยละ 68.33 และต้องการให้มีราคามากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท ร้อยละ 57.50

ตารางที่ 4.47 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน	ระดับความชอบ
สี	4.41±0.60	ชอบมาก
กลิ่น	4.66±0.54	ชอบมากที่สุด
รสชาติ	4.49±0.61	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส	4.52±0.59	ชอบมากที่สุด
ความชอบโดยรวม	4.67±0.55	ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4.48 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออก		
ยอมรับ	119	99.17
ไม่ยอมรับ	1	0.83
การตัดสินใจซื้อกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออก		
ซื้อ	117	97.50
ไม่แน่ใจ	1	0.83
ไม่ซื้อ	2	1.67
เหตุผลของการซื้อ		
ซื้อรับประทานเอง	36	30.00
เป็นของฝาก	82	68.33
อื่นๆ	2	1.67
ราคาที่เหมาะสมของกล้วยเดี่ยวข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออก		
น้อยกว่าท้องตลาด 5-10 บาท	8	6.67
เท่ากับท้องตลาด	43	35.83
มากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท	69	57.50

2) การยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคที่มีต่อขนมจีนกึ่งผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ

คะแนนความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจากผู้บริโภคที่มีต่อขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 4.49 และ 4.50 พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพมีผลการยอมรับในด้าน สี และรสชาติ อยู่ในระดับมาก และด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 99.2 มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 97.5 โดยซื้อเป็นของฝากร้อยละ 68.39 และต้องการให้มีราคาแพงกว่าท้องตลาด 5-10 บาท ร้อยละ 57.8

ตารางที่ 4.49 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน	ระดับความชอบ
สี	4.18±0.76	ชอบมาก
กลิ่น	4.27±0.68	ชอบมาก
รสชาติ	4.09±0.67	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส	4.48±0.80	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	4.19±0.67	ชอบมาก

ตารางที่ 4.50 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อกเพื่อสุขภาพ

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อก		
ยอมรับ	118	98.33
ไม่ยอมรับ	2	1.67
การตัดสินใจซื้อขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อก		
ซื้อ	85	70.83
ไม่แน่ใจ	33	27.50
ไม่ซื้อ	2	1.67
เหตุผลของการซื้อ		
ซื้อรับประทานเอง	67	55.83
เป็นของฝาก	48	40.00
อื่นๆ	5	4.17
ราคาที่เหมาะสมของขนมจีนข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อก		
น้อยกว่าท้องตลาด 5-10 บาท	35	29.17
เท่ากับท้องตลาด	66	55.00
มากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท	19	15.83

4.4.4 อภิปรายผล

การทดแทนแป้งข้าวชัยนาท 1 ด้วยแป้งข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่ทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวทั้งสองชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวและขนมจีน มีสีม่วงมากขึ้น ทั้งนี้เพราะการทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีแอนโทไซยานินส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าวมีสีแดงและม่วงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนรินทร์ภาพ และคณะ (2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในไอศกรีมไขมันต่ำพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นทำให้ไอศกรีมมีสีม่วงเข้มขึ้น ทำให้ค่า L^* ลดลง และค่า a^* ของไอศกรีมมีค่าเพิ่มขึ้น จารุพรรณ และคณะ (2558) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ปริมาณ 25% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดไม่แตกต่างกับขนมจีนที่ไม่ผสมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ นอกจากนี้อริสรา (2553) ศึกษาการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล พบว่าก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณสูงชิ้นเส้นจะมีสีม่วงเข้มขึ้นเนื่องจากในแป้งข้าวหอมนิลมีสารที่ให้รงควัตถุสีม่วงสองชนิดคือ Anthocyanin และ Proanthocyanidin และการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ร้อยละ 25 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน ซึ่งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้มีสีม่วงเทาให้ความเหนียวและความยืดหยุ่นดี

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (15.6) ดังนั้นจึงต้องมีการปรับสัดส่วนปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้เหมาะสม สำหรับการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพด้านการหุงต้มและเนื้อสัมผัส มีรายงานการใช้กัวร์กัมเป็นสารปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นหลายชนิด เนื่องจากกัวร์กัมมีคุณสมบัติช่วยให้มีการจับกันดีขึ้นช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น และช่วยเพิ่มความหนืดหรือเหนียว (ศิวาพร, 2535) โดย Yu และ Ngadi (2004) รายงานว่า เมื่อใช้กัวร์กัมในปริมาณเพิ่มขึ้น (0-0.37% โดยน้ำหนักแป้ง) ส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสูงขึ้น พรพิมล และอารีย์ (2551) พบว่าเมื่อเติมกัวร์กัม 5% ของน้ำหนักแป้ง ในขนมจีนที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล 15% ทำให้ขนมจีนอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปคืนรูปเร็วที่ได้มีลักษณะปรากฏที่เรียบ สม่ำเสมอ เป็นเส้นยาว และเหนียวระยะเวลาในการคืนรูปลดลง อัตราการดูดน้ำ และปริมาณผลผลิตสูงที่สุด สุนทรณ์ (2555) ศึกษาการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวกล้องงอกและปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัม พบว่าปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้นผู้บริโภคก็ให้การยอมรับเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งปริมาณกัวร์กัมมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้นแสดงว่ากัวร์กัมทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ โดยปริมาณกัวร์กัมที่ใช้ร้อยละ 0.75 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมมากที่สุด จารุพรรณ และคณะ (2558) ได้นำขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ปริมาณ 25% มาปรับปรุงคุณภาพด้วยกัวร์กัม พบว่าการเพิ่มปริมาณกัวร์กัม ปรับปรุงคุณลักษณะด้านการหุงต้มของขนมจีน โดยทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง ค่าความต้านทานการดึงขาดเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ขนมจีนอบแห้งผสมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 25% ที่เติมกัวร์กัม 5% มีคะแนนความชอบโดยรวม และ

มีค่าความต้านทานการดึงขาดสูงที่สุด มีปริมาณเส้นใยหยาบ แอนโทไซยานิน และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าขนมจีนอบแห้งทางการค้า ($p < 0.05$)

4.5 การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเส้นจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

1) การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

การคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการเตรียมก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพเมื่อคำนวณเทียบกับ 1 สูตร ได้ปริมาณก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ 1,015 กรัม จะมีต้นทุนของวัตถุดิบทั้งหมดประมาณ 27.72 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.51 เมื่อนำไปอบแห้งจะได้น้ำหนักเท่ากับ 420 กรัม หรือคิดเป็น 66 บาท เมื่อคิดราคาต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว 1 กิโลกรัมจะมีราคาเท่ากับ 157 บาท และเมื่อรวมต้นทุนในส่วนค่าไฟ ค่าน้ำ ค่าเสื่อมราคา และแรงงานประมาณร้อยละ 20 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมดต้นทุนอยู่ที่ 188 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับต้นทุนของวัตถุดิบสำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีขายตามห้างสรรพสินค้าที่มีราคาอยู่ที่ประมาณ 100 บาท

ตารางที่ 4.51 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตก๋วยเตี๋ยวจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

ส่วนประกอบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)	ราคาบาท/กิโลกรัม	ต้นทุน (บาท)
แป้งข้าวกล้อง	157.50	70.00	11.00
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	52.50	110.00	5.77
แป้งมันสำปะหลัง	90.00	60.00	5.40
กัวยี่กัม	15.00	368.00	5.52
น้ำเปล่า	700.00	-	-
รวม	1,015.00		27.72

2) การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

การคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการเตรียมขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพเมื่อคำนวณเทียบกับ 1 สูตร ได้ปริมาณขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ 975.25 กรัม จะมีต้นทุนของวัตถุดิบทั้งหมดประมาณ 45.24 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.52 เมื่อเทียบกับ 1 กิโลกรัมจะมีราคาเท่ากับ 47 บาท และเมื่อรวมต้นทุนในส่วนค่าไฟ ค่าน้ำ ค่าเสื่อม

ราคา และแรงงานประมาณร้อยละ 20 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมดต้นทุนอยู่ที่ 56 บาท ซึ่งเป็นราคาที่สูงเมื่อเทียบกับต้นทุนของวัตถุดิบสำหรับกล้วยเดี่ยวเส้นเล็กที่มีขายตามห้างสรรพสินค้าที่มีราคาอยู่ที่ประมาณ 40 บาท

ตารางที่ 4.52 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกเพื่อสุขภาพ

ส่วนประกอบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)	ราคาบาท/กิโลกรัม	ต้นทุน (บาท)
แป้งข้าวกล้อง	375.00	70.00	26.25
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	125.00	110.00	13.75
กัวยักษ์	14.25	368.00	5.24
น้ำเปล่า	450.00	-	-
รวม	975.25		45.24

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. จากผลการศึกษา พฤติกรรมการบริโภคกล้วยเดี่ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังคงมีการบริโภคกล้วยเดี่ยวในชีวิตประจำวันตามปกติ โดยเฉพาะผัดไทย และ กล้วยเตี๋ยน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะเลือกบริโภคกล้วยเดี่ยวของกลุ่มตัวอย่างในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาธุรกิจกล้วยเดี่ยวใน จังหวัดเพชรบุรีได้ ดังนั้นด้านการผลิต ผู้ประกอบการต้องเน้นด้านรสชาติที่อร่อยถูกปาก ด้านราคาต้อง คุ่มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับและมีการจำหน่ายทั่วไปและหาซื้อง่ายในจังหวัดเพชรบุรี

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ได้แก่ กล้วยเตี๋ยเส้นเล็ก และขนมจีน พบว่า กล้วยเตี๋ย เส้นเล็ก และขนมจีนที่ผลิตจากข้าวท้องถิ่นพันธุ์ชัยนาท 1 มีคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ร็อกเพื่อสุขภาพ พบว่ากล้วยเตี๋ยจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ร็อกเพื่อสุขภาพมีค่า DPPH, และ ABTS เท่ากับ 28.07 mg VCE/ml extract และ 27.47 mg TE/ml extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า กล้วยเตี๋ยสูตรพื้นฐานซึ่งมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 15.25 mg VCE/ml extract และ 13.58 mg TE/ml extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมของกล้วยเตี๋ยจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ร็อก เพื่อสุขภาพมีค่า 34.11 mg GE/ml extract สำหรับขนมจีนจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ร็อกเพื่อ สุขภาพ พบว่ามีค่า DPPH, และ ABTS เท่ากับ 19.69 mg VCE/ml extract และ 36.48 mg TE/ml extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าขนมจีนสูตรพื้นฐานซึ่งมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 9.30 mg VCE/ml extract และ 17.47 mg TE/ml extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมของขนมจีนจาก ข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ร็อกเพื่อสุขภาพมีค่า 34.11 mg GE/ml extract จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อาหาร เส้นจากข้าวกล้องผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ร็อกเพื่อสุขภาพไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในจังหวัดเพชรบุรี จำนวน 120 คนพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับและซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าวกล้องผสม ข้าวไรซ์เบอร์รี่ร็อกเพื่อสุขภาพที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

บรรณานุกรม

- กฤติกา บุรณโชคไพศาล 2556 ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวพะงอก ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร 15(2): 9-15.
- กรมการข้าว. 2551. องค์ความรู้เรื่องข้าว. สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. ที่มา: <http://www.brrd.in.th/rkb/index.php.htm>. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2559.
- กระปุกดอทคอม. 2560. ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสายพันธุ์ใหม่ ีัญพืชเพื่อสุขภาพ. ที่มา: <https://health.kapook.com/view99263.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2559.
- กาญจนา ไกรแสง และคงศักดิ์ ศรีแก้ว. 2555. ผลของปริมาณเอมิโลสต่ออัตราการย่อยสลายและค่าดัชนีน้ำตาลของเส้นก๋วยเตี๋ยว. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. 445-451 น.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- งามชื่น คงเสรี. 2546. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวไทย. ที่มา: library.dip.go.th/multim/edoc/09023.doc. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- จักรพงษ์ ไสวพันธ์ กมลวรรณ แจ่มชัด และพัชรี ตั้งตระกูล. 2554. ผลของสภาพการงอกต่อสมบัติความหนืดและปริมาณ GABA ของแป้งข้าวกล้องงอก ที่ผลิตจากข้าวเปลือก. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. กรุงเทพฯ. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. 250-257.
- จารุพรรณ ไบนาค รัตนพร วงศ์ภักดี และ อโนชา สุขสมบูรณ์. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46(3)(พิเศษ), 361-364.
- เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหนาม. 2554. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์. 1(1): 59-70.
- ชลธิชา มณีเชษฐา ญัฐมา เหล่ากุลติลก และ นันทินา ดำรงวัฒนกุล. 2559. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมจีนเสริมโปรตีนและธาตุเหล็กด้วยน้ำปู. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 11 (1): 67-76.
- ชุติมา อัสวเสถียร และ นิลศิริ นิลเนตร. 2560. การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่. ที่มา: http://agkb.lib.ku.ac.th/rice/search_detail/result/9386. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- ชื่นจิต สัพญา. 2558. ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวดี มีประโยชน์. ที่มา: http://www.lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/bsti_11_2558_Riceberry.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2560.
- เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ. 2542. วิทยาการเมล็ดพันธุ์พืช. ภาควิชาวิทยาศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร นครสวรรค์.
- ดุขฎิ อุดภาพ และน้องนุช เจริญกุล. 2560. เคมีและสมบัติของแป้ง. ที่มา: <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/contact.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2560.

- ตะวัน สมภาร อรเกษม ช่างภา อภิญญา พัยคน และสุพัตรา สวัสดิผล. 2555. เบาหวาน VS ดัชนีน้ำตาล ในอาหาร. ที่มา: <https://doraemon55555.wordpress.com/>. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2560.
- ถาวร จันทโชติ. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยด. ที่มา: http://herp-nru.psu.ac.th/file/U55009_11.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่: 20 กรกฎาคม 2560.
- ทัศนาศิรีโชติ. 2555. ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
- ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2553. การพัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 5(1): 18-25.
- นรินทร์ภพ ช่วยการ ญัฐฐา เลาทกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิคันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2556. อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(2)(พิเศษ): 589-592.
- น้ำชาติ ประชาชื่น. 2554. หนังสือพิมพ์ข่าวสดคอลัมน์ “รู้ไปไม่ด”. ที่มา: http://www.khaosod.co.th/view_news.php?newsid=TURONWizVXdNakkzTVRJMU5BPT0. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2560.
- นิรนาม 2560a. สารความรู้ เรื่องอาหารกับสุขภาพ. ที่มา: <http://www.siamhealth.net>. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2560.
- นิรนาม. 2560b. ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice หรือ GABA-Rice). ที่มา: <http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20123271014141.pdf>. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2560.
- น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตและขึ้นรูปทรงเครื่องกรอบจากแป้งข้าว. รายงานฉบับสมบูรณ์คลินิกเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.
- บ้านลาดบ้านเรา. 2561. ปฏิทินวิถีเกษตรบ้านลาด. ที่มา: <http://www.banlat-banrao.com/plant-calendar.html> <http://www.thaifittips.com/article042.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2561.
- บุหรัน พันธุ์สุวรรณ. 2556. อนุมูลอิสระ สารด้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21 (3): 275-286.
- ปิ่นตบแต่ง วชิรศิริ และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2558. การทดแทนข้าวขาวด้วยข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกในขนมจีนแป้งหมัก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29:3 (11-20).
- ปติ นิยมศิริวนิช. 2557. เรื่องของดัชนีน้ำตาล. ที่มา: <http://www.thaifittips.com/article042.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2559.
- พรพิมล มณีพันธ์ และอารีย์ ศรีสุขโข. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปคีนรูปเร็วจากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวตาแห้ง 17. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เพลงพิน ศิวาพรรักษ์. 2541. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญา

- วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พิชิต พุฒศิริ. 2550. การพัฒนาแป้งทำเส้นขนมจีนแบบสะดวกใช้. ที่มา: <http://oknation.nationtv.tv>. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2560.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมวงศ์. 2560. สารประกอบฟีนอล. ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/>. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2560.
- มนัส ศรีเปารยะ. 2559. พฤติกรรมการบริโภคอาหารของกลุ่มนักเรียนและนักศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิทยาการจัดการ. 3(1): 109-126.
- มะนาว. 2559. แป้งทำอาหาร แต่ละชนิดต่างกันอย่างไร?. ที่มา : <http://maanow.com>. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 2560
- ระบบสถิติทางการทะเบียน. 2560. สถิติจำนวนประชากรและบ้าน ณ ฐานข้อมูลปัจจุบัน. ที่มา: http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_m.php. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- ละม้ายมาศ ยังสุข. 2551. คุณภาพข้าวเพื่อทำผลิตภัณฑ์เส้นและแผ่น. สำนักวิจัยและพัฒนากรมการข้าว. ผลงานวิจัยพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว ระหว่าง พ.ศ. 2540-2440. 219-230.
- วรรณวิไล ฤทธิเดช. 2550. ผลของการออกที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณภาพการหุงต้มและ คุณภาพการรับประทานของข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปู. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยนเรศวร นครสวรรค์.
- วสุนธรี เสรีสุชาติ. 2543. การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารของหญิงวัยเจริญพันธุ์ในโรงงานอุตสาหกรรมที่สัมพันธ์กับภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กจังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาสังคมศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วิกิพีเดีย. 2557. ผัดไทย. ที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki>. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2560.
- วิกิพีเดีย. 2559. ค่าดัชนีน้ำตาล. ที่มา: <https://th.wikipedia.org/>. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2559.
- วิกิพีเดีย. 2560a. ขนมจีน. ที่มา: [https://th.wikipedia.org/wiki/ขนมจีน_\(อาหารไทย\)](https://th.wikipedia.org/wiki/ขนมจีน_(อาหารไทย)). สืบค้นเมื่อวันที่: 20 กรกฎาคม 2560.
- วิกิพีเดีย. 2560b. ข้าว. ที่มา: <https://th.wikipedia.org/>. สืบค้นเมื่อวันที่: 20 กรกฎาคม 2560.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2549. Glycemic index/ดัชนีไกลซีมิก. วารสารอาหาร. 36(3): 183-187.
- ศจี สุวรรณศรี และปณทริกา. 2552. รายงานการวิจัยการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนจากข้าว. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศิริจนา กันภัย. 2560. เคมีของคาร์โบไฮเดรต. แหล่งที่มา:http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/ chapter2_4.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2560.
- ศิวพร ศิวเวช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2560. ข้าว. ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com>. สืบค้นเมื่อวันที่: 20 กรกฎาคม 2560.
- สมใจ พนมสัย. 2560. ก๋วยเตี๋ยว. ที่มา: <https://sites.google.com/site/noodlesthailand2015/prawati-khwam-pen-ma-khxng-kwyteiyw>. สืบค้นเมื่อวันที่: 16 กันยายน 2560.

- สุดารัตน์ สายน้ำผึ้ง. 2560. ลักษณะของเส้นขนมจีน. ที่มา: <https://sudarats5652.wordpress.com/ประวัติความเป็นมาของขนมลักษณะของเส้นขนมจีน/>. สืบค้นเมื่อวันที่: 16 กันยายน 2560.
- สุนทรณ์ พักเพื่อง. 2555. การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวกล้องงอก. วารสารวิจัย 5(1): 1-12.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). 2556. ประโยชน์ของ “ข้าวไรซ์เบอร์รี่”. ที่มา: <http://www.thaihealth.or.th>. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2560.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. โครงสร้างของข้าว. ใน ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า 50-51. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อริสรา รอดม้วย. 2553. การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 5(1): 64-71.
- อลิษา ชุมภูพล้อย, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, ศันสนีย์ จำจด และ ชนาภานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย. 25. ของอณูหมู่ในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของข้าวพันธุ์ต่างๆ. วารสารแก่นเกษตร. 41 (4) : 411-418.
- AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.), American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA.
- Al-khalid, T., and El-Naas, M. 2012. Aerobic biodegradation of phenols: A comprehensive review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 42(16):1631-1690.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis, 19th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.
- Beal, A. D., and Mottram, D. S. 1993. An evaluation of the aroma characteristics of malted barley by free-choice profiling. Journal of Science, Food and Agriculture. 61: 17-22.
- Beynum, G.M.A., and Roels, J.A. 1985. Starch Conversion Technology, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 326.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181: 1199-2001.
- Chavan, J. K., and Kadam, S.S. 1989 Nutritional improvement of cereals by sprouting. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28: 401-437.
- FAO/WHO. 1998. Carbohydrates in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, 14-18 April 1997, Rome. FAO Food and Nutrition Paper No. 66. Rome.
- Isamare. 2559. สารพัดเส้น สำหรับคนชอบกินเส้น. ที่มา: <https://www.isamare.net/living/สารพัดเส้น/>. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2560.
- Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science. 16: 334.

- Kayahara, H., and Tsukahara, K. 2000. Flavor, health and nutritional quality of pregerminated brown rice. Presented at 2000 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii, USA.
- Kim, S. Y., Park, H. J., and Byun S. J. 2004. Method for preparing germinated brown rice having improved texture and cookability without microbial contamination and a germinated brown rice obtained therefrom. U.S Patent no. US 7,217,436 B2, June 2004.
- Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., and Toyoshima, H. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *International Journal of Food Microbiology*. 78: 556-560.
- Lee, B.J., Kim, J.S., Kang, Y.M., Lim, J.H., Kim, Y.M., Lee, M.S., Jeong, M.H., Ahn, C.B., and Je, J.Y. 2010. Antioxidant activity and γ -aminobutyric acid (GABA) content in sea tangle fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 isolated from traditional fermented food. *Food chemistry*, 122:271-276.
- Mahasukhonthachai, K., Sopade, P.A., and Gidley, M.J. 2010. Kinetics of starch digestion and functional properties of twin-screw extruded sorghum. *Journal of Cereal Science*. 51: 392-401.
- Manna, K. M., Naing, K. M., and Pe, H., 1995. Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans. *Food and Nutrition Bulletin*. 16: 1-4.
- Schoch, T.J., Whistler, R.L. Smith, R.J., and BeMiller, J.N. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. *Carbohydrates Chemistry*. Academic Press, New York
- Shoichi, I., 2004, Marketing of value-added rice products in Japan: germinated brown rice and rice bread, *FAO rice conference*, 1-10.
- Subba Rao, M.V., and Muralikrishna, G. 2002. Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet. *Journal of Agriculture of Food Chemistry*. 50(4) :889-92.
- Sopade, P.A., and Gidley, M.J. 2009. A rapid In-vitro digestibility assay based on glucometry for investigating kinetics of starch digestion. *Starch*. 61: 245
- Taira, Y., Anraku, M., Yuko, K., Hisao, T. Yasufuku, T., Anraku, M., Kondo, Y., Hata, T., Hirose, J., Kobayashi, N., and Tomida, H. 2010. Useful extend-release chitosan tablets with high antioxidant activity. *Pharmaceutics*, 2(2): 245-257.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros- Zevallos, L., and Byrne, D. H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7): 669-675.

- Varavinita, S., Shobsngobb, S., Varanyanondc, W., Chinachotid, P., and Naivikule, O. 2003. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation and pasting properties of flours from different cultivars of Thai rice. *Starch*. 55 (9): 410–415
- Yamane, Taro. 1967. *Statistics : An introduction analysis*. New York : Harperand Row.
- Yang, Y., and Tao, W.Y. 2008. Effect of lactic acid fermentation on FT-IR and pasting properties of rice flour. *Food Research International*. 41: 937-940.
- Ye, L., Wang, C., Wang, S., Zhou, S., and Liu, X., 2016. Thermal and rheological properties of brown flour from Indica rice. *Journal of Cereal Science*. 70: 270-274.
- Yu, L.J. and Ngadi, M.O., 2004, Textural and other Quality Properties of Instant Fried Noodles as Affected by Some Ingredients, *Cereal Chemistry*, 81(60): 772-776.
- Zhou, K., and Yu, L. 2004. Effects of extraction solvent on wheat Bran antioxidant activity. *Estimation, Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 37: 717-721.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

1. การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. แท่งแก้วคน
3. เครื่องชั่ง
4. ปีกเกอร์
5. ไมโครปิเปต
6. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
7. Vortexmixer
8. Spectrophotometer

สารเคมี

1. สารละลาย Folin-Ciocalteu
2. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 20% w/v

วิธีการทดลอง

1. ตูตสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น จำนวน 3 มิลลิลิตรจากนั้นใส่ Folin-Ciocalteu 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. บ่มในที่มืดนาน 10 นาที
3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 20%w/v ปริมาตร จำนวน 760 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. บ่มสารละลายในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส 20 นาทีแล้วทำให้เย็นทันทีด้วยการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็ง 20 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร
6. ทำกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายกรดแกลลิก

การสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน กับค่าการดูดกลืนแสง สามารถทำได้ดังนี้

 - (1) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ppm โดยชั่งสารกรดแกลลิก 0.005 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร
 - (2) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 80 ppm โดยปิเปตสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร
 - (3) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 60 ppm โดยปิเปตสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(4) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 40 ppm โดยปิเปตสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(5) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 20 ppm โดยปิเปตสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(6) นำสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก

(7) เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu's phenol reagent ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

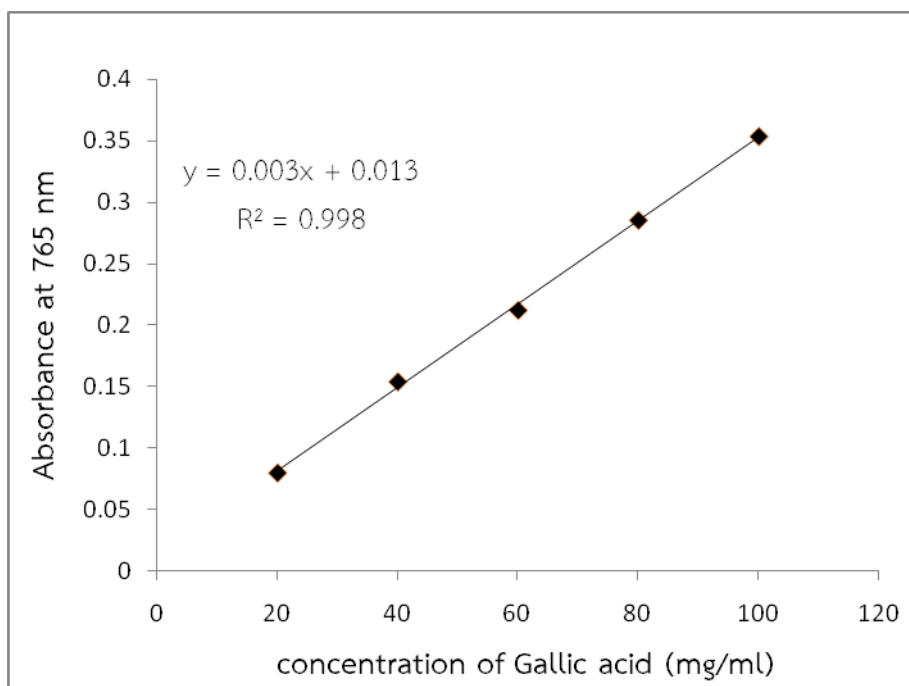
(8) เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 20 % w/v ปริมาตร 750 ไมโครลิตร

(9) ผสมให้เข้ากัน นำไปจุ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

(10) เมื่อครบเวลาให้รับนำมาแช่เย็นทันที ประมาณ 10 นาที แล้วนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 10 นาที

(11) เทใส่คิวเวตต์ แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrometer UV-VIS ที่ความยาวคลื่น 765 nm บันทึกผลการทดลองโดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลนด์

(12) ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้น 40 60 80 และ 100 ppm เช่นเดียวกับข้อ (6)-(12) บันทึกผลการทดลองและนำไปพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด (mg GE/ml extract)



ภาพภาคผนวกที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

2. การตรวจสอบฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH radical scavenging activity วัสดุอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. แท่งแก้วคน
3. เครื่องชั่ง
4. ปีกเกอร์
5. ไมโครปิเปต
6. Vortex mixer
7. Spectrophotometer

สารเคมี

1. 2,2-ไดฟีนิล-1-พิกริลไฮดราซิลไฮเดรต (2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl, DPPH)
2. Ethanol

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมสารละลาย 0.12 mM DPPH โดยใช้ DPPH (MW = 394.32) 4.73 mg นำมาละลาย 95% เอทานอล ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ใช้เป็น stock solution จากนั้นนำมาเจือจาง ให้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.7-0.9 ที่ 517 นาโนเมตร
2. ดูดสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลองสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) เข้มข้น 0.12 mM ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. บ่มในที่มืดนาน 30 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรโดยใช้เอทานอลผสมกับสารละลาย DPPH เป็นตัวควบคุม คำนวณค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระตามสูตรดังนี้

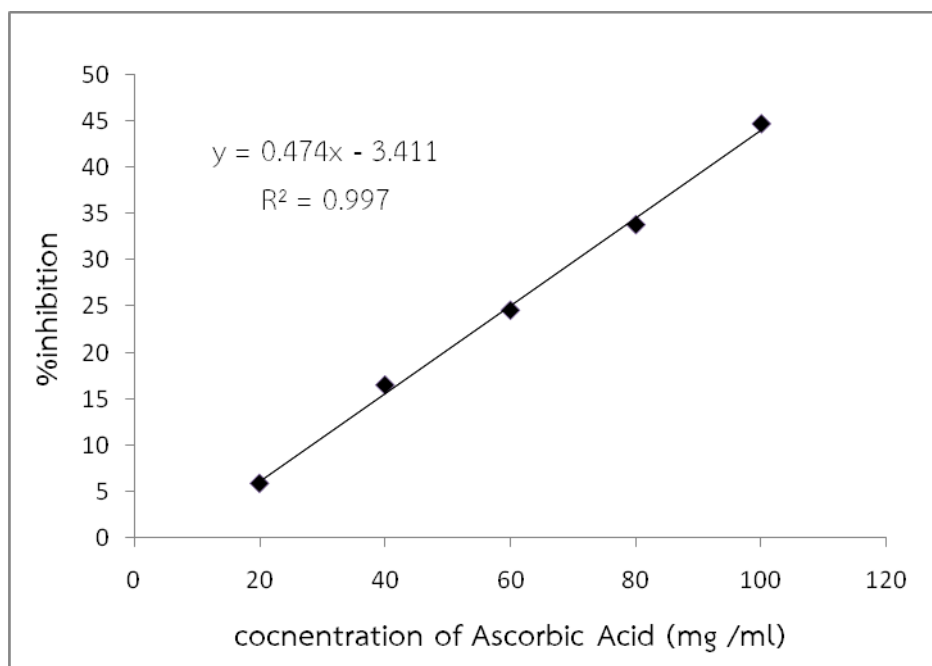
$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \times 100$$

หมายเหตุ: A_{blank} = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank DPPH

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของ sample

5. ทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี (L-ascorbic) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซี ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ppm ตามลำดับ คำนวณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ แล้วนำไปพล็อตกราฟระหว่างค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี

6. นำไปคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี รายงานผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลของวิตามินซีต่อมิลลิกรัมของสารสกัด (mg VCE/ml extract)



ภาพภาคผนวกที่ ก.2 กราฟมาตรฐานของการกำจัดอนุมูล DPPH ของวิตามินซี

3. การตรวจสอบฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี ABTS radical scavenging activity

วัสดุอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. แท่งแก้วคน
3. เครื่องชั่ง
4. ปีกเกอร์
5. ไมโครปิเปต
6. Vortex mixer
7. Spectrophotometer

สารเคมี

1. 2,2'-อะซิโน-บิส (3-เอทิลเบนซโซไทอะโซลีน-6-ซัลโฟนิค เอซิด) (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid, ABTS))
2. โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulphate)
3. โทร็อกซ์ (Trolox)
4. เอทานอล 95% (Ethanol 95 %)

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมสารละลาย ABTS solution โดยเตรียม 2,2'-azinobis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) หรือ ABTS ความเข้มข้น 7 mM ในสารละลาย Potassium persulfate (2.45mM) เก็บไว้ในที่มืด 12 ชั่วโมง ก่อนใช้ให้นำมาเจือจางด้วย เอทานอล 95% ให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.7 - 0.5 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

2. ดูดสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลองสารละลาย ABTS solution ปริมาตร 3 ml เขย่าให้เข้ากัน

3. บ่มในที่มืดนาน 10 นาที

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลผสมกับสารละลาย ABTS เป็นตัวควบคุมค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระตามสูตรดังนี้

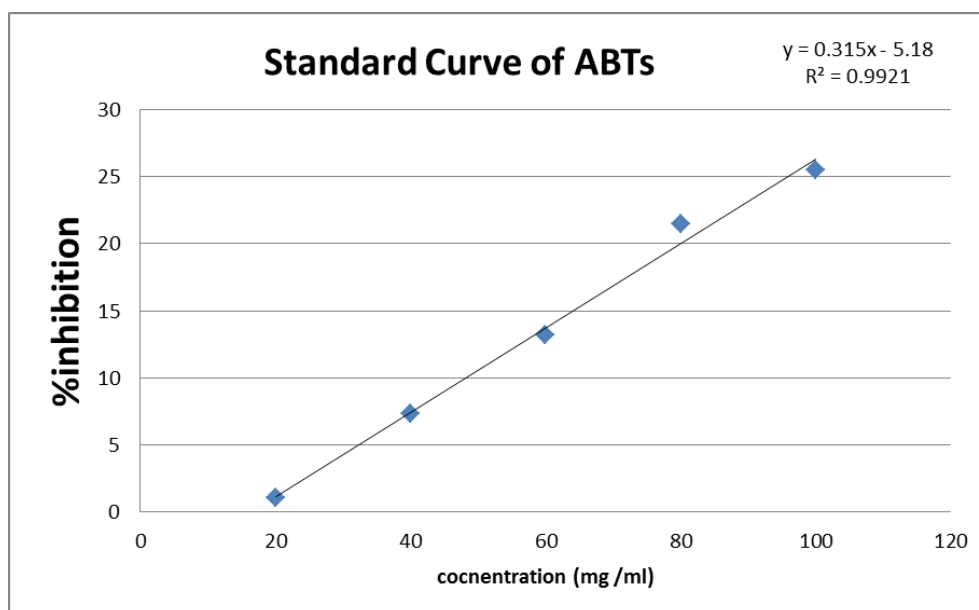
$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \times 100$$

หมายเหตุ: A_{blank} = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank ABTS

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของ sample

5. ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยเทียบกับสารละลายโทรล็อกซ์ (Trolox equivalent antioxidant activity, TE)

6. ทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์ โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์ ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ppm ตามลำดับ คำนวณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระแล้วนำไปพล็อตกราฟระหว่างค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์



ภาพภาคผนวกที่ ก.3 กราฟมาตรฐานของการกำจัดอนุมูล ABTS ของโทรล็อกซ์

4. การวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA

วัสดุอุปกรณ์

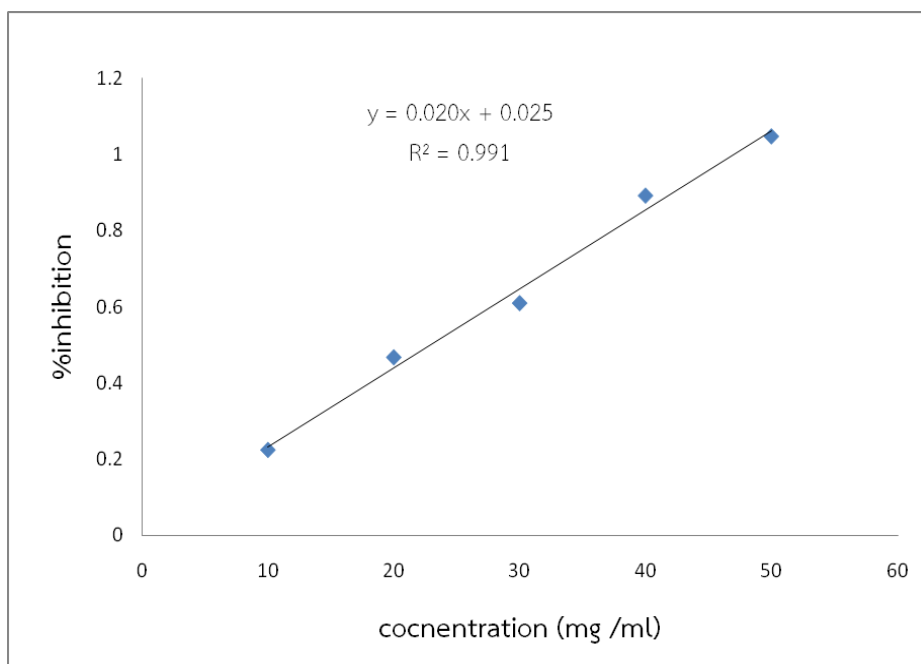
1. หลอดทดลอง
2. แท่งแก้วคน
3. เครื่องชั่ง
4. ปีกเกอร์
5. ไมโครปิเปต
6. Vortex mixer
7. Spectrophotometer

สารเคมี

1. กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3)
2. ฟีนอล (Phenol)
3. โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite, NaOCl)
4. แกมมาอะมิโนบิวทริก (γ- Aminobutyric acid, GABA)
5. โซเดียมบอเรต (Sodium borate, $B_4Na_2O_7$)
6. เอทานอล 95% (Ethanol 95 %)

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ pH 9 ความเข้มข้น 0.2 M โดยเตรียมกรดบอริกความเข้มข้น 0.2 M จำนวน 50 มิลลิลิตร ผสมกับโซเดียมบอเรตความเข้มข้น 0.2 M จำนวน 59 มิลลิลิตร
2. ดูดสารละลายตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ pH 9 ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร และสารละลาย Phenol reagent ความเข้มข้น 6% ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. แช่ในอ่างน้ำเย็น 10 นาที ต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และแช่ในอ่างน้ำเย็น 5 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลผสมเป็นตัวควบคุม
5. ทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน GABA โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน GABA ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ppm ตามลำดับ คำนวณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระแล้วนำไปพล็อตกราฟระหว่างค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน GABA



ภาพภาคผนวกที่ ก.4 กราฟมาตรฐานของ GABA

5. การวิเคราะห์การย่อยของแป้งข้าวกล้อง

วัสดุอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. แท่งแก้วคน
3. เครื่องชั่ง
4. บีกเกอร์
5. ไมโครปิเปต
6. Vortex mixer
7. Magnetic bar
8. Glucometer
9. Water bath

สารเคมี

1. โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate)
2. แพนครีเอติน (Pancreatin)
3. แอมิโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

5. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
6. เอทานอล (Ethanol)
7. แพนครีเอติก แอลฟา แอมิเลส (Pancreatic α -amylase)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมอาร์ทีฟิเชียล ซาลิวา 1 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์เปปซินในกรดไฮโดรคลอริก 0.02 M (pH 2) จำนวน 5 มิลลิลิตร ภายในเวลา 15-20 วินาที จากนั้นนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที ทำการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 M จำนวน 5 มิลลิลิตร เติมอะซิเตทบัฟเฟอร์ 25 มิลลิลิตร และเอนไซม์แพนครีเอติก/แอมิโลกลูโคซิเดสในอะซิเตทบัฟเฟอร์ จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสด้วย glucometer ที่เวลา 0, 30, 90, 120, 180 นาที ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาอัตราการย่อยแป้ง ดังนี้

$$\text{ปริมาณอัตราการย่อยแป้ง, DS} = \frac{0.9 \times \text{GG} \times 180 \times V}{W \times S (100-M)}$$

- เมื่อ GG = ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่อ่านได้ (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)
 0.9 = stoichiometric constant for starch from glucose contents
 V = ปริมาตรของน้ำย่อย (มิลลิลิตร)
 S = ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดของตัวอย่าง (ร้อยละ น้ำหนักแห้ง)
 M = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (ร้อยละ)
 180 = น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส

จากนั้นนำข้อมูลอัตราการย่อยแป้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการย่อยแป้งตามสมการ the modified first-order kinetic ดังนี้

$$D_t = D_0 - D_{\infty-0} (1 - \exp(-kt))$$

- โดยที่ค่า D_0 = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา $t = 0$
 D_{α} = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา $t = \alpha$
 k = อัตราการย่อยต่อนาที
 t = เวลา (นาที)

แล้วนำไปคำนวณค่าดัชนีน้ำตาลจากสมการ $GI = 39.21 + (0.803 \times H_{90})$ ตามวิธีการของ Goni *et al.* (1997)

6. การหาปริมาณแอมิโลส

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. แท่งแก้วคน
3. เครื่องชั่ง
4. ขวดปริมาตร
5. ปีกเกอร์
6. คิวเวทท์
7. ปิเปต
8. Vortex mixer
9. Spectrophotometer

สารเคมี

1. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
2. สารละลายไอโอดีน (ละลายไอโอดีนร้อยละ 0.2 โพแทสเซียมไอโอไดด์ร้อยละ 2)
3. เอทานอล
4. Potato amylose
5. Waxy rice starch
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 N
7. กรดอะซิติก 1 M

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง

บดเมล็ดข้าวให้ละเอียดจนเป็นแป้งข้าว เมื่อได้แป้งข้าวแล้วชั่งแป้งข้าว 20 มิลลิกรัม

ใส่หลอดเซนตริฟิวก์ (centrifuge tube) ขนาด 50 มิลลิลิตรเติมเอทานอล 95% ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เขย่าเบาๆ แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดแล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

2. วิธีการเตรียมสารละลาย

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 นอร์มัล (N) : ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 80.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

- สารละลายกรดกลูเซออะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มัล (N) : ละลายกรดกลูเซออะซิติก ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

- สารละลายไอโอดีน : ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรสี่ขา ทิ้งไว้ข้ามคืน หรือจนไอโอดีนละลายหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำสารละลายจากข้อ 1 (จากที่ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรประมาณ 10 มิลลิลิตร ลงไปก่อนแล้วเติมกรดอะซิติก 1 โมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และเติมสารละลายไอโอดีน 400 ไมโครลิตร จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที และทำเช่นเดียวกันนี้แต่ไม่ใส่สารตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแบล็ก (blank) วัดความเข้มสีของสารละลาย โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เพื่อวัดจากค่าการดูดกลืนแสง โดยปรับค่าของแบล็กเป็น 0 นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วคิดเป็นร้อยละของปริมาณแอมโมลอส

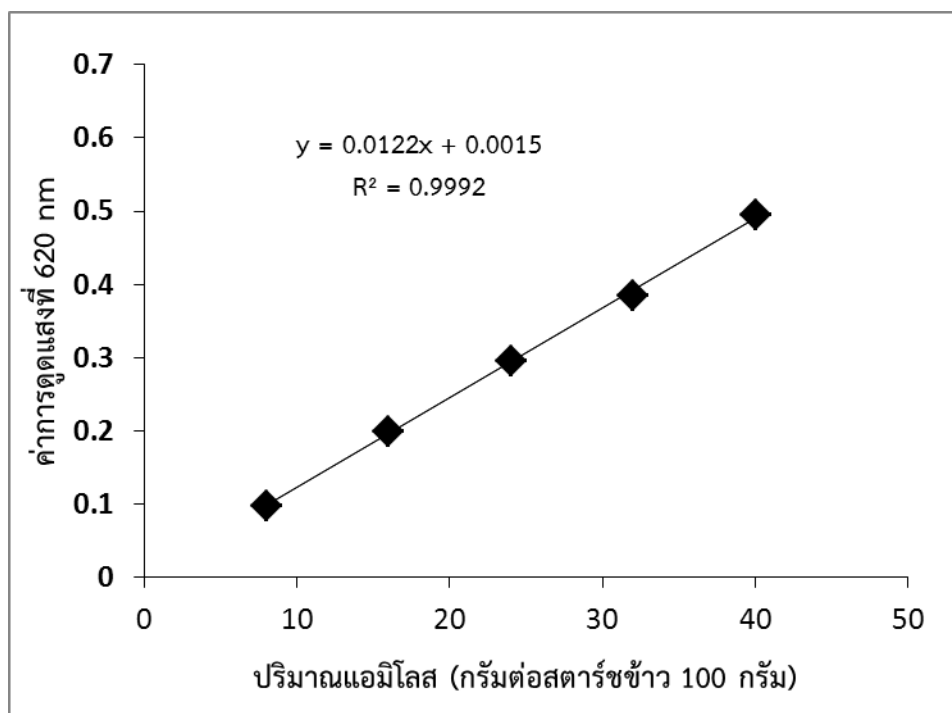
4. การสร้างกราฟมาตรฐาน

- การเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมลอสสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน

ชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์ 0.04 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมหีทธานอล 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ไม่ควรให้อะมิโลสเกาะผนังขวด เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรประมาณ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้เข้ากัน

- การสร้างกราฟมาตรฐาน ดูดสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้จากข้อ 3 ปริมาตร 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร ในทุกขวดแล้วเติมกรดอะซิติก 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรที่มีสารละลายมาตรฐานตามลำดับ และเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ในทุกขวด จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน นำสารละลายในแต่ละขวดวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และนำค่าที่อ่านได้มาเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลส (กรัม/แป้งข้าว 100 กรัมหรือคิดเป็นร้อยละ 8 16 24 32 และ 40) กับค่าการดูดกลืนแสง

- คำนวณสมการทำนายปริมาณแอมโมลอส โดยสามารถสร้างเป็นสมการ $Y = 0.0122X + 0.0015$ มีค่าความเชื่อมั่นของสมการเท่ากับ 99.92 เปอร์เซ็นต์ (รูปภาคผนวกที่ 1)



ภาพภาคผนวกที่ ก.5 กราฟมาตรฐานของแอมิโลส

6. การคั่นตัวของก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (AACC, 1995)

1) เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็กให้สุก (Cooking Time)

ชั่งก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็ก หนัก 5 กรัม ยาว 5 เซนติเมตร ต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตรในปิกเกอร์ ที่มีกระจกนาฬิกาปิดจบบเวลาที่ใช้ในการต้มที่ทำให้ก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็กสุกโดยตรวจสอบตัวอย่างทุก 30 วินาที โดยการไขกระจกสไลด์ 2 แผ่นกดเส้นก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็กสังเกตจากตรงกลางของเส้นก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็กไม่ให้มีส่วนทึบแข็งเหลืออยู่

2) น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield)

ชั่งก๊วยเตี๋ยวเส้นเล็ก หนัก 5 กรัม ยาว 5 เซนติเมตร ต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตรโดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 1 ทั้งห้สะอาดต้มนานาน 1 นาทีบนตะแกรง ซับความชื้นส่วนเกินด้วยกระดาษแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

$$\text{ร้อยละน้ำหนักที่ได้หลัง การต้ม} = \frac{\text{น้ำหนักบะหมี่สุก} \times 100}{\text{น้ำหนักบะหมี่ก่อนต้ม}}$$

3) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss)

ซังก้วยเตี่ยวเส้นเล็ก หนัก 5 กรัม ยาว 5 เซนติเมตร ต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตรโดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 1 นำน้ำที่เหลือหลังจากการต้มก้วยเตี่ยวเส้นเล็กใส่ในบีกเกอร์ (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ซังน้ำหนักบีกเกอร์หลังการอบ แล้วคำนวณหาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม

$$\text{ร้อยละปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังการอบ} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า}) \times 100}{\text{น้ำหนักเส้นก้วยเตี่ยวเส้นเล็กก่อนต้ม}}$$

ภาคผนวก ข
สูตรและขั้นตอนในการทำผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าว

1. ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

1) การคัดเลือกสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

1.1 สูตรพื้นฐานของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน ทำโดยการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน 3 สูตร (ภาพภาคผนวกที่ ข.1) โดยส่วนผสมของทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.1



ภาพภาคผนวกที่ ข.1 ส่วนผสมเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

ตารางภาคผนวกที่ ข.1 ส่วนผสมสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวพื้นฐาน 3 สูตร

	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวเจ้า	180	210	180
แป้งมันสำปะหลัง	120	90	105
แป้งมันฝรั่ง	0	0	15
น้ำ	700	700	700
น้ำมันถั่วเหลือง (สำหรับทอด)	50	50	50

1.2 ขั้นตอนการทำ

1. นำแป้งข้าวเจ้า และแป้งมันผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามที่สูตรได้กำหนดไว้



ภาพภาคผนวกที่ ข.2 การเทส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน

2. เติมน้ำเปล่าลงไปตามอัตราส่วนที่สูตรกำหนดแล้วคนให้เข้ากัน



ภาพภาคผนวกที่ ข.3 การคนส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน

3. นำน้ำมันทาภาดให้ทั่ว



ภาพภาคผนวกที่ ข.4 การทาน้ำมันพืชที่ถาด

4. ตั้งเตาให้น้ำเดือด และนำลังถึงวาง



ภาพภาคผนวกที่ ข.5 การนึ่งลังถึง

5. นำถาดที่ทาน้ำมันไปนึ่งให้ร้อนเมื่อถาดร้อนนำแป้งที่ผสมแล้วมาใส่



ภาพภาคผนวกที่ ข.6 การเทส่วนผสมใส่ถาด

6. ปิดฝานึ่งประมาณ 3 – 5 นาที



ภาพภาคผนวกที่ ข.7 การนึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยว

7. สุกแล้วนำขึ้นมา รอสักพัก แล้วค่อย ๆ นำแผ่นแป้งมาผึ่ง ให้เย็น



ภาพภาคผนวกที่ ข.8 การผึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยว

8. นำมาตัด พักทิ้งไว้ 4 - 5 ชั่วโมง



ภาพภาคผนวกที่ ข.9 การตัดเส้น

2) การคัดเลือกสูตรน้ำผัดไทย

2.1 สูตรพื้นฐานของน้ำผัดไทย

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของน้ำผัดไทย ทำโดยการทำน้ำผัดไทยสูตรพื้นฐาน 3 สูตร (ภาพที่ 10) โดยส่วนผสมของทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.2



ภาพภาคผนวกที่ ข.10 ส่วนผสมน้ำผัดไทยสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

ตารางภาคผนวกที่ ข.2 ส่วนผสมสูตรน้ำผัดไทยพื้นฐาน 3 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3
1. น้ำมะขามเปียก	200	300	-
2. น้ำตาลโตนด	500	400	100
3. น้ำปลา	200	-	30
4. หอมแดง	100	150	-
5. เกลือ	-	100	-
6. น้ำตาลทราย	-	-	250
7. ซอสพริก	-	-	250
8. น้ำเปล่า	-	-	250
9. พริกป่น	-	-	15
10. เต้าเจี้ยว	-	-	30
11. ซีอิ๊วดำ	-	-	15

ที่มา : สูตรที่ 1 สาขาอาหารและโภชนาการประยุกต์

ที่มา : สูตรที่ 2 แม่ฉันทา (หน้าวัดเกาะ)

ที่มา : สูตรที่ 3 อาจารย์ประจำแผนกอาหารและโภชนาการวิทยาลัยอาชีวศึกษาเพชรบุรี

2.2 ขั้นตอนการทำ

1. นำส่วนผสมทั้งหมดเทลงใส่หม้อ



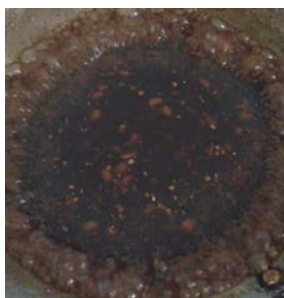
ภาพภาคผนวกที่ ข.11 การเทส่วนผสมทั้งหมดลงหม้อ

2. นำไปตั้งไฟ



ภาพภาคผนวกที่ ข.12 การใช้ไฟในการเคี่ยว

3. เคี่ยวด้วยไฟปานกลางจนมีความเหนียวข้น



ภาพภาคผนวกที่ ข.13 การเคี่ยวน้ำผัดไทย

2.3 ผลการทดสอบความชอบของสูตรน้ำผักไทย

ผลการทดสอบความชอบของสูตรน้ำผักไทยทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.3

ตารางภาคผนวกที่ ข.3 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของน้ำผักไทย 3 สูตร

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี ^{ns}	3.80 ± 0.77	3.87 ± 1.03	3.87 ± 1.20
กลิ่น	4.60 ± 0.73^a	2.87 ± 1.26^b	3.20 ± 1.10^b
รสชาติ ^{ns}	3.87 ± 0.74	3.60 ± 0.92	3.53 ± 0.71
เนื้อสัมผัส	3.87 ± 1.18^a	3.06 ± 1.05^b	3.67 ± 0.78^a
ความชอบโดยรวม	4.47 ± 0.83^a	3.26 ± 1.09^b	3.53 ± 0.71^a

หมายเหตุ a, b ตัวอักษรในแนวนอนแตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ที่มา : สูตรที่ 1 สาขาอาหารและโภชนาการประยุกต์

ที่มา : สูตรที่ 2 แม่มณฑา (หน้าวัดเกาะ)

ที่มา : สูตรที่ 3 อาจารย์ประจำแผนกอาหารและโภชนาการวิทยาลัยอาชีวศึกษาเพชรบุรี

2.4 สรุปผลการคัดเลือกสูตรน้ำผักไทย

สูตรที่ได้รับคัดเลือกคือ สูตรที่ 1 เพราะมีความชอบสูงที่สุด

2. ขนมหุ้น

1) การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมจีน

1.1 สูตรพื้นฐานของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน ทำโดยการทำเส้นขนมจีนสูตรพื้นฐาน 3 สูตร (ภาพภาคผนวกที่ ข. 14) โดยส่วนผสมของทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.4



ภาพภาคผนวกที่ ข.14 ส่วนผสมเส้นขนมจีนสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

ตารางภาคผนวกที่ ข.4 ส่วนผสมเส้นขนมจีนสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

สูตร	แป้งข้าวเจ้า	น้ำเปล่า
สูตรที่ 1	500	450
สูตรที่ 2	500	450
สูตรที่ 3	500	450

ที่มา : สูตรที่ 1 ชลธิชา และคณะ

ที่มา : สูตรที่ 2 นิรนาม

ที่มา : สูตรที่ 3 สาขาอาหารและโภชนาการประยุกต์

2.2 ขั้นตอนการทำ

1) สูตรที่ 1

ส่วนผสม

1. แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม
2. น้ำเปล่า 450 กรัม

วิธีทำ

1. นำแป้งข้าวชัณนาท 250 กรัม จากนั้นนำมาละลายน้ำสะอาดอัตราส่วน 1:1 แล้วนำไปเคี่ยวไฟอ่อนๆ (75-80) องศาเซลเซียส



ภาพภาคผนวกที่ ข.15 แป้งข้าวชัณนาท 250 กรัม อัตราส่วน 1:1



ภาพภาคผนวกที่ ข.16 แป้งข้าวชัณนาท 250 กรัม: น้ำเปล่า 250 กรัม



ภาพภาคผนวกที่ ข.17 การคนส่วนผสม

2. นำเจลที่ได้มาผสมกับแป้งข้าวสาลี 250 กรัม นำไปนวดด้วยเครื่องนวดแป้งเนียนดี



รูปภาคผนวกที่ ข.18 ภาพแสดงการนวดแป้งด้วยเครื่อง

3. นำมากรองผ่านกระชอนเพื่อกำจัดเศษแป้งที่ไม่ละเอียดออก



ภาพภาคผนวกที่ ข.19 การกรองแป้งเส้นขนมจีน

4. นำแป้งขนมจีนที่กรองเรียบร้อยแล้วโรยเส้นด้วยที่โรยเส้นขนมจีน รอนเส้นขนมจีนลอยขึ้นมาเหนือน้ำแสดงว่าเส้นขนมจีนสุกแล้ว ตักเส้นขนมจีนขึ้นมาล้างน้ำสะอาด 2 น้ำ



ภาพภาคผนวกที่ ข.20 การโรยเส้นขนมจีนลงในน้ำร้อน

5. จับเส้นขนมจีนให้เป็นจับ



ภาพภาคผนวกที่ ข.21 เส้นขนมจีน

2) สูตรที่ 2

ส่วนผสม

1. แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม
2. น้ำเปล่า 450 กรัม

วิธีทำ

1. นำแป้งข้าวจ้าวมาผสมกับน้ำเปล่าแล้วค่อยๆ นวดจนแป้งละลายและเนียนดีเข้ากัน หลังจากนั้นนำแป้งข้าวจ้าวมาปั้นเป็นก้อน ก้อน ละ 250 กรัม แล้วนำไปต้มประมาณ 3-5 นาที



ภาพภาคผนวกที่ ข.22 การต้มแป้ง

3. หลังจากต้มเสร็จแล้ว ทิ้งก้อนแป้งไว้สักพักให้เย็นแล้วนำมา นำไปนวดด้วยเครื่อง
จนเนื้อแป้งเนียนดี



รูปภาคผนวกที่ ข.23 ภาพแสดงการนวดแป้งด้วยเครื่อง

4. นำมากรองผ่านกระชอนเพื่อกำจัดเศษแป้งที่ไม่ละเอียดออก



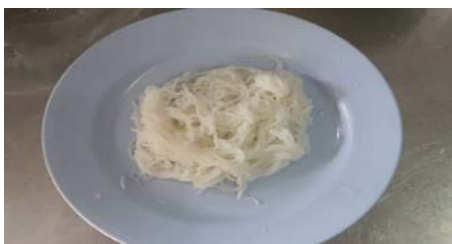
ภาพภาคผนวกที่ ข.24 การกรองแป้งเส้นขนมจีน

5. นำแป้งที่ได้มาใส่เครื่องกดเส้นขนมจีน กดเส้นขนมจีนโรยไปให้ทั่วในน้ำต้มเดือด ระดับปานกลาง



ภาพภาคผนวกที่ ข.25 การโรยเส้นขนมจีนลงในน้ำร้อน

6. รอจนเส้นขนมจีนลอยขึ้นมา แล้วเอากะชอนตักขึ้นมาล้างในน้ำเย็น ต่อด้วยน้ำธรรมดาอีก 2 น้ำ นำเส้นขนมจีนที่ได้มาจับเป็นจับ



ภาพภาคผนวกที่ ข.26 เส้นขนมจีน

3) สูตรที่ 3

ส่วนผสม

1. แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม
2. น้ำเปล่า 450 กรัม

วิธีทำ

1. นำแป้งข้าวชัณนาทมาผสมกับน้ำเปล่าแล้วค่อยๆ นวดจนแป้งละลายละลายและเนียนดีเข้ากัน หลังจากนั้นนำแป้งข้าวชัณนาทมาปั้นเป็นก้อน ก้อนละ 250 กรัม แล้วนำไปนึ่งในลังถึง 3 -5 นาที



ภาพภาคผนวกที่ ข.27 ภาพแสดงการนึ่งในลังถึง

2. หลังจากนึ่งเสร็จแล้ว ให้นำก้อนแป้งไว้สักพักให้หายเย็นแล้วนำมาตำ ประมาณ 5 – 10 นาที นำไปนวดด้วยเครื่องนวดแป้งเนียนดี



ภาพภาคผนวกที่ ข.28 การนวดแป้งด้วยเครื่อง

4. นำมากรองผ่านกระชอนเพื่อกำจัดเศษแป้งที่ไม่ละเอียดออก



ภาพภาคผนวกที่ ข.29 การกรองแป้งเส้นขนมจีน

5. นำแป้งที่ได้มาใส่เครื่องกวดเส้นขนมจีน กวดเส้นขนมจีนโรยไปให้ทั่วในน้ำต้มเดือด ระดับปานกลาง



ภาพภาคผนวกที่ ข.30 การโรยเส้นขนมจีนลงในน้ำร้อน

6. รอจนเส้นขนมจีนลอยขึ้นมา แล้วเอากระชอนตักขึ้นมาล้างในน้ำเย็น ต่อด้วยน้ำธรรมดาอีก 2 น้ำ นำเส้นขนมจีนที่ได้มาจับเป็นจับ



ภาพภาคผนวกที่ ข.31 เส้นขนมจีน

2) การคัดเลือกสูตรทอดมัน

2.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของทอดมัน

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของทอดมันทำโดยการทำทอดมันสูตรพื้นฐาน 3 สูตร โดยส่วนผสมของทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางรูปภาคผนวกที่ ข.5

ตารางภาคผนวกที่ ข.5 สูตรของทอดมันทั้ง 3 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
1. เนื้อปลาทรายสด	500	500	500
2. พริกแกงเผ็ด	20	150	60
3. ถั่วฝักยาว	100	100	70
4. ใบกะเพรา	-	80	25
5. ไข่ไก่	50	50	100
6. ใบมะกรูดหั่นฝอย	10	20	5
7. น้ำตาลทราย	15	5	10
8. น้ำปลา	-	5	-
9. เกลือ	-	3	3
10. น้ำเย็นจัด	-	30	3

หมายเหตุ: สูตรที่ 1 ที่มา: หนังสือทำง่ายขายคล่อง

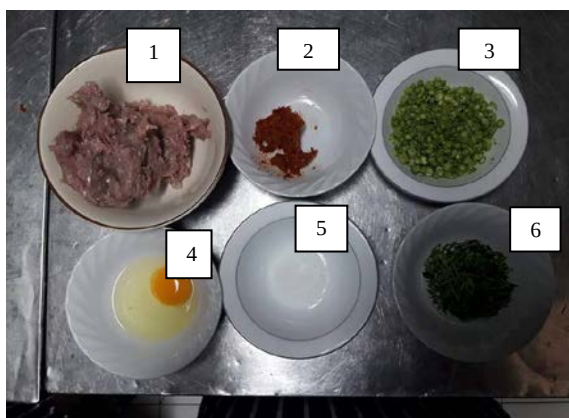
สูตรที่ 2 ที่มา: ครีwb้านพิม

สูตรที่ 3 ที่มา: ครีwbักทวดดา

1) ทอดมันสูตรที่ 1

ส่วนผสม

- | | |
|--------------------|----------|
| 1. เนื้อปลาทรายสด | 500 กรัม |
| 2. พริกแกงเผ็ด | 20 กรัม |
| 3. ถั่วฝักยาว | 100 กรัม |
| 4. ไข่ไก่ | 50 กรัม |
| 5. ใบมะกรูดหั่นฝอย | 10 กรัม |
| 6. น้ำตาลทราย | 15 กรัม |



ภาพภาคผนวกที่ ข.32 ส่วนผสมของทอดมันสูตรที่ 1

วิธีทำ

1. ใส่เนื้อปลา พริกแกง ถั่วฟักยาว ใบมะกรูด นวดให้เข้ากัน (บนน้ำแข็ง)
2. ใส่ไข่ไก่และปรุงรสด้วยน้ำตาลนวดให้เข้ากัน
3. ตั้งกระทะไฟกลางทอด ทอดมันให้เหลืองตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน

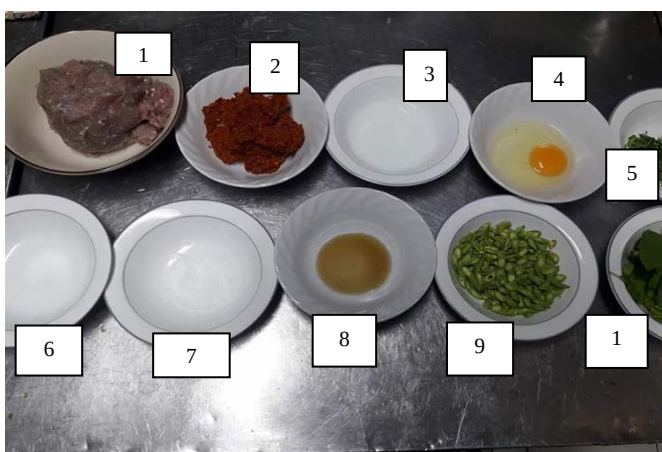


ภาพภาคผนวกที่ ข.33 ทอดมันสูตรที่ 1

2) ทอดมันสูตรที่ 2

ส่วนผสมทอดมันสูตรที่ 2

1. เนื้อปลาทราย	500	กรัม
2. พริกแกงเผ็ด	150-200	กรัม
3. น้ำเย็นจัด	30	กรัม
4. ไข่ไก่	50	กรัม
5. ใบมะกรูดหั่นฝอย	20	กรัม
6. เกลือ	3	กรัม
7. น้ำตาลทราย	5	กรัม
8. น้ำปลา	5	กรัม
9. ถั่วฝักยาวหั่นเฉียง	100	กรัม
10. ใบกระเพรา	80	กรัม



ภาพภาคผนวกที่ ข.34 ส่วนผสมของทอดมันสูตรที่ 2

วิธีทำ

1. ใส่เนื้อปลา พริกแกง ถั่วฝักยาว ใบกระเพรา ใบมะกรูด น้ำเย็นจัด นวดให้เข้ากัน (บนน้ำแข็ง)
2. ใส่ไข่ไก่และปรุงรสด้วยน้ำปลาและน้ำตาลนวดให้เข้ากันใส่เกลือเล็กน้อย
3. ตั้งกระทะไฟกลางทอด ทอดมันให้เหลืองตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน

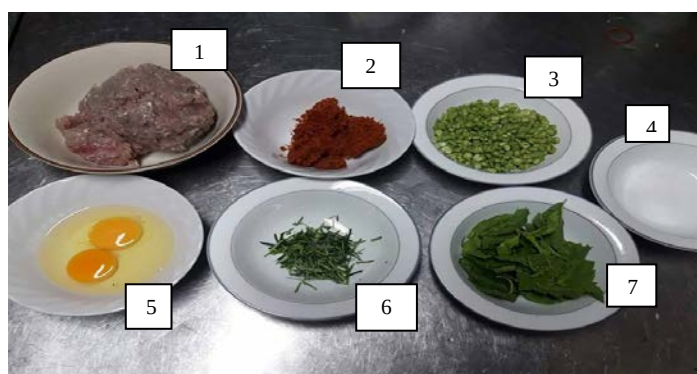


ภาพภาคผนวกที่ ข.35 ทอดมันสูตรที่ 2

3) ทอดมันสูตรที่ 3

ส่วนผสมทอดมันสูตรที่ 3

- | | |
|-----------------|----------|
| 1. เนื้อปลากราย | 500 กรัม |
| 2. พริกแกง | 60 กรัม |
| 3. ถั่วฝักยาว | 70 กรัม |
| 4. น้ำตาล | 5 กรัม |
| 5. ไข่ไก่ | 100 กรัม |
| 6. ใบมะกรูด | 3 กรัม |
| 7. ใบกระเพรา | 25 กรัม |



ภาพภาคผนวกที่ ข.36 ส่วนผสมของทอดมันสูตรที่ 3

วิธีทำ

1. ใส่เนื้อปลา พริกแกง ถั่วฝักยาว ใบกระเพรา ใบมะกรูด นวดให้เข้ากัน (บนน้ำแข็ง)
2. ใส่ไข่ไก่และปรุงรสด้วยเกลือและน้ำตาลเล็กน้อยนวดให้เข้ากัน
3. ตั้งกระทะไฟกลางทอด ทอดมันให้เหลืองตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน



ภาพภาคผนวกที่ ข.37 ทอดมันสูตรที่ 3

2.3 ผลการทดสอบความชอบของสูตรทอดมัน

ผลการทดสอบความชอบของสูตรทอดมันทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.6

ตารางภาคผนวกที่ ข.6 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของทอดมัน 3 สูตร

สูตร	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	3.47±0.91 ^b	4.27±1.04 ^a	4.13±0.80 ^a
กลิ่น	3.93±0.60 ^a	3.53±0.90 ^a	3.93±0.77 ^a
รสชาติ	3.73±0.80 ^a	3.87±0.90 ^a	3.87±0.88 ^a
เนื้อสัมผัส	3.60±1.05 ^b	3.47±0.94 ^b	4.13±0.61 ^a
ความชอบโดยรวม	4.00±0.75 ^{ab}	3.67±0.94 ^b	4.33±0.79 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b, c แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยยะทางสถิติที่ระดับ 0.05

สูตรที่ 1 ที่มา: หนังสือทำง่ายขายคล่อง

สูตรที่ 2 ที่มา: ครีwb้านพิม

สูตรที่ 3 ที่มา: ครีwbักเทวดา

2.4 สรุปผลการคัดเลือกสูตรทอดมัน

สูตรที่ได้รับคัดเลือกคือ สูตรที่ 3 เพราะมีความชอบสูงที่สุด

3) การทำน้ำจิ้มทอดมัน



ภาพภาคผนวกที่ ข.38 ส่วนผสมของน้ำจิ้มทอดมัน

ส่วนผสม

1. น้ำตาลทราย	210	กรัม
2. น้ำส้มสายชู	110	กรัม
3. น้ำเปล่า	110	กรัม
4. เกลือป่น	10	กรัม
5. กระเทียม	10	กรัม
6. ถั่วลิสง	5	กรัม
7. พริกชี้ฟ้าแดง	10	กรัม
8. แตงกวาผ่าสี่ชิ้น	30	กรัม
9. ผักชี	5	กรัม

วิธีการทำน้ำจิ้ม

1. นำน้ำตาล น้ำส้มสายชู น้ำเปล่าตั้งไฟเคี่ยวให้พอเหนียว ยกขึ้นพักไว้ให้เย็นแล้วปรุงรสด้วยเกลือ
2. โคลกกระเทียมกับพริกชี้ฟ้าแดงให้พอละเอียด นำมาผสมกับน้ำเชื่อมที่เย็นแล้วคนให้เข้ากัน
3. หั่นแตงกวาผ่าสี่ แล้วผสมลงไปในน้ำเชื่อมที่เย็นแล้ว



ภาพภาคผนวกที่ ข.39 การตำพริกกับกระเทียม



ภาพภาคผนวกที่ ข.40 การเคี่ยวน้ำจิ้ม

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแบบสอบถาม

ค.1 แบบสอบถามที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว

แบบสอบถามเพื่อการค้นคว้า
เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลหรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านเลือก

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้กรอกแบบสอบถาม

1. เพศ

() 1. ชาย

() 2. หญิง

2. อายุ

() 1. ต่ำกว่า 20 ปี

() 2. 21-40 ปี

() 3. 41-60 ปี

() 4. 60 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา

() 1. ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย

() 2. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.

() 3. อนุปริญญา/ปวช.

() 4. ปริญญาตรี

() 5. สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() 1. นักเรียน/นักศึกษา

() 2. ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

() 3. พนักงานเอกชน

() 4. ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

() 5. อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือนของท่าน

() 1. ต่ำกว่า 5,000 บาท

() 2. 5,001-20,000 บาท

() 3. 20,001-30,000 บาท

() 4. 30,001 บาทขึ้นไป

6. สถานที่พัก

() 1. หอพักในมหาวิทยาลัย/เอกชน

() 2. บ้านเช่า

() 3. บ้านพักส่วนตัว

() 4. อื่นๆ.....โปรดระบุ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ประชากรเลือกบริโภคมากที่สุด

() 1. ผัดไทย

() 2. ผัดซีอิ๊ว

() 3. ก๋วยเตี๋ยวน้ำ

() 4. ก๋วยเตี๋ยวแห้ง

2. ปริมาณความต้องการในการซื้ออาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยว

() 1. น้อยกว่า 5 ครั้งต่อเดือน

() 2. จำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน

() 3. จำนวน 11-20 ครั้งต่อเดือน

() 4. มากกว่า 21 ครั้งต่อเดือน

3. สถานที่ที่ประชาชนนิยมเลือกซื้ออาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวประจำ
- () 1. ศูนย์อาหารภายในห้างสรรพสินค้า () 2. ร้านอาหารตามสถานที่ท่องเที่ยว
- () 3. ร้านอาหารภายในโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย () 4. ร้านอาหารตามท้องตลาด
- () 5. อื่นๆ.....
4. ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อครั้ง.....บาท
5. ความพึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านมา
- () 1. พึงพอใจน้อยที่สุด () 2. พึงพอใจน้อย
- () 3. พึงพอใจ () 4. พึงพอใจมาก
- () 5. พึงพอใจมากที่สุด

ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยว

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านเลือก

ปัจจัยของผู้บริโภค	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ปัจจัยด้านการผลิต					
1.อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคคุณค่าทางโภชนาการสูง					
2. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียูปร่าง หน้าตา สี สัน ที่น่าสนใจ					
3. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวย่อยง่าย					
ปัจจัยด้านราคา					
1. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ					
2. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น					
3. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคกับราคาอย่างชัดเจน					
4. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น					
ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย					
1. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว					
2. อาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคสถานที่จัดจำหน่ายเท่าไป					
3. สถานที่จัดจำหน่ายอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยวมียุคสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการ					

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ให้ความร่วมมือ ในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

คณะผู้ทำวิจัย

แบบสอบถามเพื่อการค้นคว้า
เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทเส้นขนมจีนของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลหรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านเลือก

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้กรอกแบบสอบถาม

1. เพศ

- () 1. ชาย () 2. หญิง

2. อายุ

- () 1. ต่ำกว่า 20 ปี () 2. 21-40 ปี
 () 3. 41-60 ปี () 4. 60 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา

- () 1. ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย () 2. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.
 () 3. อนุปริญญา/ปวช. () 4. ปริญญาตรี
 () 5. สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

- () 1. นักเรียน/นักศึกษา () 2. ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
 () 3. พนักงานเอกชน () 4. ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย
 () 5. อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือนของท่าน

- () 1. ต่ำกว่า 5,000 บาท () 2. 5,001-20,000 บาท
 () 3. 20,001-30,000 บาท () 4. 30,001 บาทขึ้นไป

6. สถานที่พัก

- () 1. หอพักในมหาวิทยาลัย/เอกชน () 2. บ้านเช่า
 () 3. บ้านพักส่วนตัว () 4. อื่นๆ.....โปรดระบุ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคอาหารประเภทเส้นขนมจีน

1. อาหารประเภทเส้นขนมจีนที่ประชากรเลือกบริโภคมากที่สุด

- () 1. ขนมจีนทอดมัน () 2. ขนมจีนน้ำยา
 () 3. ขนมจีนน้ำพริก () 4. ขนมจีนแกงเขียวหวานไก่
 () 5. อื่นๆ โปรดระบุ.....

2. ปริมาณความต้องการในการซื้ออาหารประเภทเส้นขนมจีน

- () 1. น้อยกว่า 5 ครั้งต่อเดือน () 2. จำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน
 () 3. จำนวน 11-20 ต่อเดือน () 4. มากกว่า 21 ครั้งต่อเดือน

3. สถานที่ที่ประชากรนิยมเลือกซื้ออาหารประเภทเส้นขนมจีนประจำ

- () 1. ศูนย์อาหารภายในห้างสรรพสินค้า () 2. ร้านอาหารตามสถานที่ท่องเที่ยว
 () 3. ร้านอาหารภายในโรงเรียนหรือมหาลัย () 4. ร้านอาหารตามท้องตลาด
 () 5. อื่นๆ.....

4. ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคอาหารประเภทเส้นขนมจีนต่อครั้ง.....บาท

5. ความพึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคอาหารประเภทเส้นขนมจีนที่ผ่านมา

- () 1. พึงพอใจน้อยที่สุด () 2. พึงพอใจน้อย
() 3. พึงพอใจ () 4. พึงพอใจมาก
() 5. พึงพอใจมากที่สุด

ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคอาหารประเภทเส้นขนมจีน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านเลือก

ปัจจัยของผู้บริโภค	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ปัจจัยด้านการผลิต					
1.อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง					
2. อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีรูปร่างหน้าตาสีสันที่น่าสนใจ					
3. อาหารประเภทเส้นขนมจีนอร่อยถูกปาก					
ปัจจัยด้านราคา					
1. อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ					
2. อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น					
3. อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีป้ายกับราคาอย่างชัดเจน					
4. อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น					
ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย					
1. อาหารประเภทเส้นขนมจีนสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว					
2. อาหารประเภทเส้นขนมจีนมีสถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป					
3. สถานที่จัดจำหน่ายอาหารประเภทเส้นขนมจีนสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการ					

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ให้ความร่วมมือ ในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

คณะผู้ทำวิจัย

ค.2 แบบสอบถามที่ใช้ศึกษาปริมาณส่วนประกอบที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรพื้นฐาน

แบบบันทึกผลการทดสอบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรพื้นฐาน

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () ตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

คำชี้แจง ทดสอบตัวอย่างอาหารแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรพื้นฐานตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ด้านล่าง และกรณียบันทวนปากรหว่างตัวอย่าง

5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบมาก 3 = ชอบปานกลาง 2 = ชอบน้อย 1 = ไม่ชอบ

คุณลักษณะ	รหัส					รหัส					รหัส				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1.สี															
2.รสชาติ															
3.กลิ่น															
4.เนื้อสัมผัส															
5.ความชอบโดยรวม															

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ผู้วิจัย

ค.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค



สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

แบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้มีเป้าหมายให้ผู้กรอกแบบสอบถาม แสดงความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพทั้งด้านการทดสอบทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการวัดระดับความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยต่างๆ ข้อมูลจากแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับทุกประการ รวมถึงผลการวิจัยจะถูกนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น ดังนั้นจึงเรียนมาเพื่อขอความร่วมมือท่านผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง

คำชี้แจงในการทำแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีด้วยกัน 3 ตอน คือ

- ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม
- ตอนที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว
- ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ

ส่วนประกอบของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ

1. แป้งมันสำปะหลัง
2. แป้งข้าวกล้อง
3. แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่
4. น้ำมันพืช

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () ตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ

() 1. ชาย

() 2. หญิง

2. อายุ

() 1. 19 – 25 ปี

() 2. 26 – 39 ปี

- () 3. 40 – 59 ปี () 4. 60 ปีขึ้นไป
3. การศึกษา
- () 1. ประถมศึกษา () 2. มัธยมศึกษาตอนต้น
() 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. () 4. อนุปริญญา / ปวส.
() 5.ปริญญาตรี () 5. สูงกว่าปริญญาตรี
4. อาชีพ
- () 1. นักเรียน / นักศึกษา () 2. ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ
() 3. พนักงานเอกชน () 4. รับจ้างทั่วไป
() 5. ธุรกิจส่วนตัว / ค้าขาย () 6. อื่นๆ ระบุ
5. รายได้ต่อเดือนของท่าน
- () 1. ต่ำกว่า 5,000 บาท () 2. 10,001 – 20,000 บาท
() 3. 20,001 – 30,000 บาท () 4. 30,001 – 40,000 บาท
() 5. 40,001 บาทขึ้นไป
6. ท่านคำนึงถึงปริมาณการบริโภคอาหารในแต่ละวันหรือไม่?
- () 1. คำนึงถึง () 2. ไม่คำนึงถึง
7. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวหรือไม่ ?
- () 1. ชอบ () 2. ไม่ชอบ
8. เหตุผลที่ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวมารับประทาน
- () 1. รสชาติอร่อย () 2. มีประโยชน์ต่อร่างกาย
() 3. หาซื้อง่าย () 4. ให้น้ำตาลรับประทาน
9. ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวในโอกาสใด ?
- () 1. ของฝาก () 2. ยอมรับประทาน
10. ท่านรับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยบบ่อยครั้งเพียงใด ?
- () 1. รับประทานทุกวัน () 2. สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง
() 3. เดือนละ 1-2 ครั้ง () 4. นานๆ ครั้ง
11. ท่านนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวมื้ออาหารใด
- () 1. มื้อเช้า () 2. มื้อว่างเช้า
() 3. มื้อเที่ยง () 4. มื้อว่างบ่าย
() 5. มื้อเย็น
12. ถ้าผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อสุขภาพออกมาจำหน่ายท่านมีความสนใจมากน้อยเพียงใด?
- () 1. สนใจ () 2. ไม่สนใจ

17. ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อสุขภาพ ควรมีราคาเป็นอย่างไร

- () 1. น้อยกว่าท้องตลาด 5-10 บาท
- () 2. เท่ากับท้องตลาด
- () 3. มากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม
ผู้วิจัย

ค.4 ภาพสำรวจในจุดต่างๆ

1. กว๊านเตี้ยว



ภาพภาคผนวกที่ ค.1 จุดสำรวจที่ 1



ภาพภาคผนวกที่ ค.2 จุดสำรวจที่ 2



ภาพภาคผนวกที่ ค.3 จุดสำรวจที่ 3



ภาพภาคผนวกที่ ค.4 จุดสำรวจที่ 4



ภาพภาคผนวกที่ ค.5 จุดสำรวจที่ 5



ภาพภาคผนวกที่ ค.6 จุดสำรวจที่ 6



ภาพภาคผนวกที่ ค.7 จุดสำรวจที่ 7

2. ขนมหุ้น

ภาพสำรวจในจุดต่างๆ



ภาพภาคผนวกที่ ค.8 จุดสำรวจที่ 1



ภาพภาคผนวกที่ ค.9 จุดสำรวจที่ 2



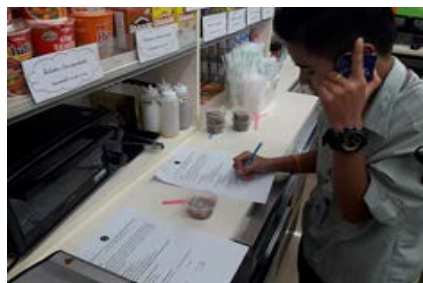
ภาพภาคผนวกที่ ค.10 จุดสำรวจที่ 3



ภาพภาคผนวกที่ ค.11 จุดสำรวจที่ 4



ภาพภาคผนวกที่ ค.12 จุดสำรวจที่ 5



ภาพภาคผนวกที่ ค.13 จุดสำรวจที่ 6

ภาคผนวก ง
หลักฐานการเผยแพร่งานวิจัย

สุคนธา สุคนธ์ธारा และ พูนศิริ ทิพย์เนตร. 2560. พฤติกรรมการบริโภคกล้วยเดี่ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยนครปฐม ครั้งที่ 9. 28-29 กันยายน 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม. 2063-2069 น.

พฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี Behavior of Rice Noodle Consumption of Mueang District, Phetchaburi Province

สุคนธา สุคนธ์ธำ^{1*} และพูนศิริ ทิพย์เนตร²

¹สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

*sukontara@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ทั้งนี้เพื่อศึกษาหาข้อเสนอแนะในการพัฒนาธุรกิจก๋วยเตี๋ยวในจังหวัดเพชรบุรีโดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคก๋วยเตี๋ยวจำนวนทั้งหมด 400 ราย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมกรบริโภค ผลการศึกษา พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 58.75 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.25 ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาวุฒิปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 32.50 ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนหรือนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 32.50 ส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 ถึง 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 46.50 ส่วนใหญ่นิยมบริโภคก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.50 ส่วนใหญ่จ่ายเงินในการบริโภคก๋วยเตี๋ยวต่อครั้ง 21-30 บาท คิดเป็นร้อยละ 60.50

คำสำคัญ: พฤติกรรม การบริโภคก๋วยเตี๋ยว เพชรบุรี

Abstract

The purpose of this study were to study the influences on noodle consumption behavior of Mueang district, Phetchaburi province and to find guideline for business development strategies. The samples used in this study were 400 consumers who consumed noodle. The research instruments for collecting information of consumption behavior were questionnaires for collecting information of consumption behavior. The research results showed that people in this study were between 21 and 40 years and majority of the subjects were female (29.25 %). The majority of consumer graduated a bachelor degree (32.50 %). Most of them were student (32.50 %), had an income between 5,001 and 20,000 baht (46.50 %), and very liked to consume Pad Thai. The consumer paid an average of 21-30 baht/time (60.50 %)

Keywords: behavior, rice noodle consumption, Phetchaburi

1. บทนำ

การปลูกข้าวนั้นเกิดขึ้นควบคู่ไปกับวัฒนธรรมไทยมากกว่า 5,500 ปีมาแล้ว โดยหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญก็คือเครื่องปั้นดินเผาที่เป็นภาชนะไว้ใส่ข้าว ในสมัยสุโขทัยศิลาจารึกยังถูกบันทึกไว้ด้วยข้อมูลที่ระบุถ้อยคำว่า "ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว" นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดในประวัติศาสตร์ก็คือการเปิดเสรีทางการค้ากับต่างประเทศในสมัยอยุธยา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทยตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา (วิกิพีเดีย, 2560) ปัจจุบันการผลิตข้าวของไทยมีแนวโน้มปริมาณข้าวที่ผลิตได้มากกว่าความต้องการของตลาดโลก ทั้งนี้เนื่องจากผลของการควบคุมจำนวนประชากรในประเทศต่าง ๆ มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา นอกจากนี้เทคโนโลยีในการผลิตข้าวมีความก้าวหน้ามากขึ้นทำให้ประเทศ ผู้ซื้อข้าวสามารถผลิตข้าวได้ในประเทศของตนมากขึ้น ปริมาณการนำเข้าจึงลดลง และข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีเป้าหมายเพื่อการส่งออก ดังนั้น ราคาข้าวถูกกำหนดด้วยปริมาณความต้องการและปริมาณข้าวที่มีในตลาดโลก ถ้าปริมาณข้าวมีมากกว่าความต้องการ ราคาข้าวในตลาดโลกจะลดลง และราคาข้าวในประเทศไทยก็จะลดลงด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2546) แนวทางหนึ่งที่จะลดปัญหานี้ได้คือ การแปรรูปข้าวและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวชนิดต่าง ๆ (คจี และปทุมทริกา, 2560) ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งคนไทยนิยมบริโภคเป็นอาหารรองจากข้าวเนื่องจากให้พลังงานและราคาถูก เพชรบุรีถือว่าเป็นจังหวัดที่มีการปลูกข้าวที่สำคัญอีกจังหวัดของประเทศ ประชากรส่วนใหญ่มีการทำนาข้าวมากกว่าการเกษตรชนิดอื่นๆ จึงประสบปัญหาราคาข้าวถูก จากปัญหาดังกล่าว ทำให้จำเป็นต้องมีการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะช่วยแก้ปัญหาราคาข้าว การศึกษาถึงพฤติกรรมผู้บริโภคก๋วยเตี๋ยว ในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้กับผู้ที่สนใจทำธุรกิจเกี่ยวกับก๋วยเตี๋ยวในพื้นที่ดังกล่าว และเป็นการเพิ่มปริมาณความต้องการใช้ข้าวในประเทศให้มากขึ้นด้วยการนำข้าวมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวชนิดใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นและส่งเป็นสินค้าออกที่สำคัญต่อไป (งามชื่น, 2546)

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคก๋วยเตี๋ยวและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภคก๋วยเตี๋ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี

3. วิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยว และปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภคก๋วยเตี๋ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ ประชากรในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรีจำนวน 89,634 คน (ระบบสถิติทางการทะเบียน, 2560) ใช้วิธีการเลือกขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Yamane, 1976) คำนวณได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 398.22 คน เป็นอย่างน้อย ดังนั้น จึงใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบบังเอิญ โดยกระจายการเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามที่ได้ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ชุด ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 ใช้ในการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภค

3.2 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window โดยมีวิธีจัดกระทำกับข้อมูลดังกล่าว ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ และค่าร้อยละ โดยใช้วิเคราะห์ตัวแปรข้อมูลพื้นฐานทั่วไป ได้แก่ อายุ เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ สำหรับการวิเคราะห์ด้านปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการบริโภคกาแฟสดใช้ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (S.D.) ของผู้บริโภค โดยกำหนดค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ (มากที่สุด = 5 คะแนน มาก = 4 คะแนน ปานกลาง = 3 คะแนน น้อย = 2 คะแนน น้อยที่สุด = 1 คะแนน) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัยที่กลุ่มผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจบริโภคกาแฟสดด้วยค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

4. ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างแสดงด้วยตารางที่ 1 ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรีที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 58.75 มีอายุอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 29.25 มีระดับการศึกษาวุฒิปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.50 เป็นนักเรียนหรือนักศึกษามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.50 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001 ถึง 20,000 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.50 และอยู่บ้านพักส่วนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.25

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	165	41.25
หญิง	235	58.75
อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี ลงมา	105	26.25
21-40 ปี	117	29.25
41-60 ปี	103	25.75
มากกว่า 61 ปี ขึ้นไป	75	18.75
การศึกษา		
ต่ำกว่าประถมศึกษา	70	17.5
ประถมศึกษา/มัธยมศึกษาตอนต้น	85	21.25
มัธยมศึกษาตอนปลาย/อนุปริญญา	80	20
ปริญญาตรี	130	32.5
สูงกว่าปริญญาตรี	35	8.75

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	130	32.5
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	102	25.5
พนักงานเอกชน	83	20.75
ธุรกิจส่วนตัว	73	18.25
อื่นๆ	12	3
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท ลงมา	109	27.25
5,001 - 20,000 บาท	186	46.5
20,001 - 30,000 บาท	100	25
30,001 ขึ้นไป	5	1.25
สถานที่พัก		
หอพักในมหาวิทยาลัย/เอกชน	86	21.5
บ้านเช่า	75	18.75
บ้านพักส่วนตัว	237	59.25
อื่นๆ	2	0.5

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการบริโภคกล้วยเดี่ยว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการบริโภคกล้วยเดี่ยวแสดงด้วยตารางที่ 2 ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่นิยมบริโภคกล้วยเดี่ยวผัดไทยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.50 รับประทานกล้วยเดี่ยวจำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.25 นิยมเลือกซื้อกล้วยเดี่ยวที่ร้านอาหารตามท้องตลาดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.25 จ่ายเงินในการบริโภคกล้วยเดี่ยวต่อครั้ง 21-30 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.50 พึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคกล้วยเดี่ยวที่ผ่านมามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.00 และอยู่บ้านพักส่วนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.25

ตารางที่ 2 ข้อมูลการบริโภคกล้วยเดี่ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
กล้วยเดี่ยวที่ท่านบริโภคมากที่สุด		
ผัดไทย	162	40.5
ผัดซีอิ๊ว	46	11.5
กล้วยเดี่ยวน้ำ	158	39.5
กล้วยเดี่ยวแห้ง	34	8.5
อื่นๆ	0	0.0

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
ความถี่ของการรับประทานกล้วยเตี๋ย		
น้อยกว่า 5 ครั้งต่อเดือน	25	6.25
จำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน	241	60.25
จำนวน 11-20 ต่อเดือน	98	24.5
มากกว่า 21 ครั้งต่อเดือน	36	9
สถานที่ที่ทานนิยมเลือกซื้อกล้วยเตี๋ยประจำ		
ศูนย์อาหารภายในห้างสรรพสินค้า	32	8
ร้านอาหารตามสถานที่ท่องเที่ยว	55	1.75
ร้านอาหารภายในโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย	67	16.75
ร้านอาหารตามท้องตลาด	241	60.25
อื่นๆ	5	1.25
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคกล้วยเตี๋ยต่อครั้ง		
ต่ำกว่า 20 บาท ลงมา	12	3
21-30 บาท	242	60.5
31-40 บาท	67	16.75
41-50 บาท	26	6.5
51 บาท ขึ้นไป	10	2.5
ความพึงพอใจต่อค่าใช้จ่ายที่ได้รับจากการบริโภคกล้วยเตี๋ยที่ผ่านมา		
พึงพอใจน้อยที่สุด	20	5
พึงพอใจน้อย	96	24
พึงพอใจ	244	61
พึงพอใจมาก	38	9.5
พึงพอใจมากที่สุด	2	0.5

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคกล้วยเตี๋ย

ปัจจัยด้านการผลิต ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่คำนึงถึงรสชาติที่อร่อยถูกปากของกล้วยเตี๋ย ค่าเฉลี่ย 3.93 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือลักษณะภายนอก (รูปร่าง หน้าตา และสีส้ม) ที่น่าสนใจของกล้วยเตี๋ย มีค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานกล้วยเตี๋ย มีค่าเฉลี่ย 3.88 อยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านราคา ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ มากที่สุดค่าเฉลี่ย 3.90 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ราคาของกล้วยเตี๋ยมีความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น มีค่าเฉลี่ย 3.75 อยู่ในระดับมาก กล้วยเตี๋ยมีราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น มีค่าเฉลี่ย 3.57 อยู่ในระดับมาก กล้วยเตี๋ยมีการแสดงราคากำกับอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 3.52 อยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย ประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับกล้วยเตี๋ยมีสถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป มากที่สุดค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ กล้วยเตี๋ยสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว มี

ค่าเฉลี่ย 3.88 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือ สถานที่ที่จัดจำหน่ายก๋วยเตี๋ยวสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการก๋วยเตี๋ยวมี่
ราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น มีค่าเฉลี่ย 3.53 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชากรในจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลสำรวจ	Mean	S.D.	ระดับความสำคัญ
ปัจจัยด้านการผลิต			
1) คุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานก๋วยเตี๋ยว	3.88	0.91	มาก
2) ลักษณะภายนอก (รูปร่าง หน้าตา สีสนั) ที่น่าสนใจ	3.92	0.98	มาก
3) รสชาติที่อร่อยถูกปากของก๋วยเตี๋ยว	3.93	1.11	มาก
ปัจจัยด้านราคา			
1) ก๋วยเตี๋ยวมี่ราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ	3.90	0.85	มาก
2) ก๋วยเตี๋ยวมี่ราคาถูกกว่าอาหารประเภทอื่น	3.57	0.92	มาก
3) ก๋วยเตี๋ยวมี่การแสดงราคากำกับอย่างชัดเจน	3.52	1.02	มาก
4) ราคาของก๋วยเตี๋ยวมี่ความดึงดูดความสนใจให้คนหันมาบริโภคมากยิ่งขึ้น	3.75	0.91	มาก
ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย			
1) ก๋วยเตี๋ยวสามารถหาซื้อได้ง่ายและรวดเร็ว	3.88	0.94	มาก
2) ก๋วยเตี๋ยวมี่สถานที่จัดจำหน่ายทั่วไป	3.92	0.89	มาก
3) สถานที่จัดจำหน่ายก๋วยเตี๋ยวสะดวกต่อการเดินทางไปใช้บริการ	3.53	0.96	มาก

5. อภิปรายผล

จากการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยวของประชาชนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่จะรับประทานจำนวน 5-10 ครั้งต่อเดือน โดยทานสลับกับมื้อหลักซึ่งถือว่าควรปฏิบัติ กองโภชนาการได้กำหนดโภชนบัญญัติไว้เป็นแนวทางในการบริโภคสำหรับคนไทยใช้ยึดเป็นแนวทางในการกินอาหารให้ถูกต้องตามหลักโภชนาการที่จะนำไปสู่การป้องกันไม่ให้เกิดภาวะขาดสารอาหาร และภาวะโภชนาการเกิน โดยให้รับประทานข้าวเป็นหลัก แต่สามารถสลับกับอาหารประเภทแป้งต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว บะหมี่ ขนมจีน ดังนั้นการกินข้าวเป็นอาหารหลักในสัดส่วนที่พอเหมาะสลับกับอาหารประเภทแป้งเป็นบางมื้อจึงเป็นสิ่งที่พึงปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การมีภาวะโภชนาการที่ดี (ทัศนาศ, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมบริโภคอาหารของกลุ่มนักเรียนและนักศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่มีความถี่ในการรับประทานอาหารประเภทแป้ง คือ ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน วุ้นเส้น ค่าเฉลี่ย 3.62 อยู่ในระดับมาก (มโนลี, 2559) นอกจากนี้ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับราคา โดยก๋วยเตี๋ยวต้องมี่ราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับ โดยวสุนธรี (2543) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่สำคัญคือรายได้ซึ่งเป็นตัวกำหนดการตัดสินใจในการเลือกซื้อ หรือไม่ซื้ออาหารชนิดต่างๆ และอำนาจการซื้อ มีผลต่อการมีอาหารแต่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการโฆษณา

6. สรุปผล

จากผลการศึกษา พฤติกรรมการบริโภคกล้วยเดี่ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังคงมีการบริโภคกล้วยเดี่ยวในชีวิตประจำวันตามปกติ โดยเฉพาะผัดไทย และกล้วยเตี๋ยวน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่จะเลือกบริโภคกล้วยเดี่ยวของกลุ่มตัวอย่างในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาธุรกิจกล้วยเดี่ยวในจังหวัดเพชรบุรีได้ ดังนั้นด้านการผลิต ผู้ประกอบการต้องเน้นด้านรสชาติที่อร่อยถูกปาก ด้านราคาต้องคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพที่ได้รับและมีการจำหน่ายทั่วไปและหาซื้อง่ายในจังหวัดเพชรบุรี

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาทั้งด้านพฤติกรรมการบริโภคการบริโภคกล้วยเดี่ยวของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรีนั้น สามารถนำมาทำแผนในการพัฒนาธุรกิจกล้วยเดี่ยว โดยนำผลการศึกษาไปเพิ่มยอดขายของร้าน ได้แก่ ควรตั้งราคาให้เหมาะสมกับคุณภาพและปริมาณของสินค้า ควรมีการติดป้ายราคาให้ชัดเจน ควรมีการเพิ่มสถานที่และเวลาในการจัดจำหน่ายให้มากขึ้น มีการประชาสัมพันธ์คุณค่าและประโยชน์ของกล้วยเดี่ยว

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2546. มาตรฐานข้าวไทย. แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.th/datadoa/RICE/7stand/stand01.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2546.
- งามชื่น คงเสรี. 2546. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวไทย. แหล่งที่มา: library.dip.go.th/multim/edoc/09023.doc. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- ทัศนาศิริโชติ. 2555. ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
- มโนลี ศรีเปารยะ. 2559. พฤติกรรมการบริโภคอาหารของกลุ่มนักเรียนและนักศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิทยาการ จัดการ. 3(1): 109-126.
- ระบบสถิติทางการทะเบียน 2560 สถิติจำนวนประชากรและบ้าน ณ ฐานข้อมูลปัจจุบัน http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_m.php. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- วสุนธรี เสรีสุชาติ. (2543).การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารของหญิงวัยเจริญพันธุ์ในโรงงานอุตสาหกรรมที่สัมพันธ์กับภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กจังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาสาธารณสุขศาสตรการแพทย์และสาธารณสุข มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วิกิพีเดีย. 2560. ข้าว. แหล่งที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/>. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- ศจี สุวรรณศรี และปณทริกา รัตนตรัยวงศ์. 2560. การผลิตเส้นกล้วยเดี่ยวและขนมจิ้นจากข้าว. แหล่งที่มา: www.agi.nu.ac.th/rices/download/riceline.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2560.
- Yamane, Taro. 1967. Statistics : An Introduction Analysis. New York : Harperand Row.