



N6

วิทยาศาสตร์การอาหาร
(Food Science)

การทดสอบแนวคิดของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน

CONSUMER CONCEPT TESTING ON FUNCTIONAL RICE PRODUCT

รวมพร เลี่ยมแก้ว^{1*}, วณันันท์ จันสถาพร², ศนิ จิระสถิตย์³

Ruamporn Liamkaw^{1*}, Wanassanan Chansataporn², Sani Jirasatid³

^{1,2}สาขาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2}Department of Food Business Management, Faculty of Food Business Management,
Panyapiwat Institute of Management

³ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

³Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University

*Corresponding author, E-mail: ruampornlia@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับประทานอาหารฟังก์ชันของผู้บริโภคในปัจจุบัน และเพื่อศึกษาแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสนใจและยอมรับในผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน โดยนำแนวคิดของข้าวฟังก์ชันจำนวน 3 แนวคิดมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1) โปรตีนสูง กากใยไฟเบอร์สูง 2) คาร์โบไฮเดรตต่ำ และแคลเซียมสูง และ 3) มีธาตุเหล็ก วิตามินบี วิตามินอี และไขมันดี โดยแนวคิดที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ โปรตีนสูง กากใยไฟเบอร์สูง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.74 ± 3.24 ซึ่งมีส่วนผสมหลักคือ มันฝรั่งหวานและน้ำมันรำข้าว เนื้อสัมผัสที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการ คือ เหนียวนุ่ม ในด้านของพฤติกรรมการรับประทานข้าว ข้าวที่รับประทานมากที่สุด ได้แก่ ข้าวขาว ข้าวหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 89.00 ส่วนปริมาณข้าวที่เหมาะสมในการรับประทานต่อมื้อ คือ 2 ทัพพี (100 กรัม) คิดเป็นร้อยละ 54.50 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 59.75 รู้จักผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน คิดว่าราคาข้าวฟังก์ชันควรอยู่ที่ 160 บาท ต่อปริมาณ 200 กรัม คิดเป็นร้อยละ 64.80 และผู้ตอบแบบสอบถามมักเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 49.50

คำสำคัญ: ข้าวฟังก์ชัน อาหารสุขภาพ แนวคิดผลิตภัณฑ์ การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

ABSTRACT

This research aims to study the consumers' behavior of eating functional food and to study consumer acceptance of alternative rice product concepts. There were 3 alternative rice concepts in this research: 1) high protein and high fiber, 2) low in carbohydrates and high in calcium, and 3) contains iron, vitamins B, E and good fats. The highest score for product concept was high protein and high fiber with the average score of 5.74 ± 3.24 . The highest score for ingredient was sweet potatoes and rice bran oil. The highest score for was soft and chewy. In terms of eating behavior, the most commonly eaten rice was white rice, jasmine rice with 89.00%. The optimum amount of rice to be eaten per meal was 2 ladle (100 g) with 54.50%.

The majority of respondents knew the alternative rice products with 59.75%. If alternative rice products were released, 64.80% of respondents thought that the price of alternative rice should be 160 baht per 200 g of product and 49.50 percent of respondents tended to buy health products from department stores.

Keywords: functional rice, alternative rice, healthy food, product concept, product idea testing

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และยังเป็นอาหารหลักของประชากรสองในสามของประชากรโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบภูมิภาคเอเชีย (Roy et al., 2011) ด้านคุณค่าทางโภชนาการ ข้าวจัดเป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเนื่องจากมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 90 จึงเป็นแหล่งของอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย และยังมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 9 ไขมันร้อยละ 1.5 รวมไปถึงวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด (Lamberts et al., 2007) ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ใส่ใจดูแลสุขภาพมากขึ้น จึงตระหนักถึงคุณค่าโภชนาการของอาหารที่รับประทาน โดยเฉพาะข้าวที่เป็นอาหารหลัก เนื่องจากข้าวจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเมื่อเข้าสู่ร่างกายหากรับประทานในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นได้ง่าย ดังนั้น ผู้บริโภคจำนวนมากจึงรับประทานข้าวลดน้อยลง แต่ยังคงต้องการหาผลิตภัณฑ์อื่นที่สามารถทดแทนการรับประทานข้าวได้ (Lamberts et al., 2007)

นอกจากประเทศไทยแล้ว ประชากรประเทศอื่น ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา พบการลดลงของการบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตด้วยเช่นกัน จากการสำรวจประจำปีของ International Food Information Council พบว่า ผู้บริภคร้อยละ 25 เชื่อว่าการบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง เช่น ข้าว เป็นต้นเหตุของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้อาจทำให้คนอเมริกันรับประทานทานข้าวน้อยลง มีรายงานของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาที่ระบุว่า สหรัฐอเมริกาเป็น 1 ใน 3 ประเทศหลักที่มีอัตราการผลิตและบริโภคข้าวทั่วโลกลดลงในปี 2017-2018 นอกจากนี้ยังพบว่าผู้บริโภคในสหรัฐอเมริกามากกว่าร้อยละ 88 ยินดีใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพื่อซื้ออาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และร้อยละ 39 สนใจอาหารฟังก์ชันที่ทำจากพืชต่าง ๆ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเมนูสุขภาพแบบเดิม เช่น อาหารนวัตกรรม (มัชฌิมา จันทรสว่างภูวนะ, 2562)

ปัจจุบัน ข้าวฟังก์ชันถือเป็นอาหารชนิดใหม่ที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคที่กังวลเรื่องการบริโภคคาร์โบไฮเดรต ข้าวฟังก์ชัน คือ ข้าวที่ทำมาจากการนำพืชผัก หรือธัญพืชต่าง ๆ นำมาขึ้นรูปเหมือนเมล็ดข้าวแท้ ๆ รสสัมผัสเหมือนข้าว เป็นการปรับปรุงโภชนาการของข้าวให้มีทางเลือกหลายทาง เช่น มีใยอาหารสูง โปรตีนต่ำ คาร์โบไฮเดรตต่ำ เป็นต้น ตัวอย่างผู้ผลิตข้าวทางเลือก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ข้าวทางเลือกแบรนด์ RightRice โดยผลิตมาจากถั่วหลากหลายชนิด เช่น ถั่วเขียว ถั่วลิ้นเต่า ถั่วเลนทิล และกะหล่ำดอก ซึ่งให้โปรตีนมากกว่าข้าวขาวธรรมดาถึง 2 เท่า และมีกากใยไฟเบอร์เพิ่มขึ้น 5 เท่า แต่ยังคงเนื้อสัมผัสและหน้าตาเหมือนข้าวแท้ ๆ ที่นุ่มหอม (มัชฌิมา จันทรสว่างภูวนะ, 2562)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ การศึกษาการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าว ฟังก์ชัน จึงจัดทำขึ้นเพื่อต้องการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อรูปแบบของข้าวฟังก์ชันชนิดต่าง ๆ ว่าข้าวฟังก์ชันแบบใดที่ได้รับความสนใจมากที่สุด โดยได้เสนอแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชันไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) โปรตีนสูงและกากใยไฟเบอร์สูง 2) คาร์โบไฮเดรตต่ำและแคลเซียมสูง 3) มีธาตุเหล็ก วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และวิตามินอีสูง คณะผู้วิจัย

คาดว่า ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

บททวนวรรณกรรม

ข้าวฟังก์ชัน คือ ข้าวที่ได้จากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยใช้วัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่ข้าวหรือนำวัตถุดิบอื่นมาผสมกับแป้งข้าว โดยทำให้ออกมาในรูปแบบเหมือนเมล็ดข้าวแท้ๆ โดยวัตถุดิบที่จะใช้ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมัน แป้งข้าวเจ้า รวมไปถึงการใช้ผัก ธัญพืชต่าง ๆ ร่วมด้วย เป็นการปรับปรุงโภชนาการของข้าวให้มีทางเลือกหลายทาง โดยคุณประโยชน์ของข้าวฟังก์ชันก็จะแตกต่างจากข้าวธรรมดาทั่วไป โดยจะมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวธรรมดา

งานวิจัยที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชันที่ค้นคว้า มีดังนี้

Bhattacharya and Prakash (1994) ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตข้าวฟังก์ชันจากส่วนผสมอื่น โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าที่ความชื้น 20% ถั่วลูกไก่หรือถั่วชิกพี และถั่วลันเตา อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อถั่วลูกไก่หรือถั่วชิกพี คือ 100:0 90:10 และ 80:20 ที่นำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว ที่อุณหภูมิ 100 125 และ 150 องศาเซลเซียส วัดค่าแรงบิดระหว่างการอัดขึ้นรูป อัตราส่วนของ การขยายตัว ความหนาแน่น และแรง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

ราณี สุรกาญจน์กุล และ ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ (2556) ศึกษาการผลิตก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโมลต์ โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมอลต์ (30:15) และปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยใช้แป้งตัดแปรที่ระดับร้อยละ 5 10 15 แชนแทนกัมร้อยละ 0.1 และ 0.2 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 4 และ 8 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม (น้ำแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 40) สูตรการผลิตก๋วยเตี๋ยวโมลต์ที่เหมาะสม คือแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 30 แป้งข้าวโมลต์ร้อยละ 15 มีการเติมแป้งตัดแปรร้อยละ 10 แชนแทนกัมร้อยละ 0.1 และแป้งมันร้อยละ 4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางด้านโภชนาการของก๋วยเตี๋ยวโมลต์ พบว่ามีความชื้นร้อยละ 57.67 โปรตีนร้อยละ 7.42 ใยอาหารร้อยละ 0.44 และสารแกมมาอะมิโนบิวทริกแอซิดหรือสารกาบา 0.20 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยใช้กรรมวิธีการนึ่งไอน้ำ และนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มาตัดเส้น โดยใช้เครื่องตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร

หทัยชนก ศรีประไพ และคณะ (2561) ศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในพาสต้าชนิดราวีโอลีแบบสด การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าชนิดราวีโอลีแบบสดจากแป้งข้าวกล้อง ทำโดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในผลิตภัณฑ์พาสต้าชนิดราวีโอลีแบบสดที่ระดับร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม) 10 20 30 และ 40 โดยน้ำหนักแป้ง ผลการตรวจสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่า ในด้านค่าสี เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น พาสต้าที่ได้จะมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนด้านเนื้อสัมผัส เมื่อมีการทดแทนด้วยปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น ค่าการยึดเกาะจะลดลง และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าสดที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับร้อยละ 20 ให้คะแนนความชอบมากที่สุดในด้านความเหนียวนุ่มและความชอบโดยรวม เมื่อนำไปวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจากแป้งข้าวกล้อง พบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 31.11 10.10 4.72 0.87 6.72 และ 46.48 ตามลำดับ และเมื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และ FRAP

assay พบว่า พาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าพาสต้าตัวอย่างควบคุม ทั้งวิธี DPPH radical scavenging assay และ FRAP assay (0.81 ± 0.03 mg TEAC/g DW, 0.67 ± 0.03 mg Fe(II)/g DW ตามลำดับ) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.05 ± 0.01 mg GAE/g DW ดังนั้น การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องน่าจะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกในแป้งข้าวกล้อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับประทานอาหารฟังก์ชันของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสนใจและยอมรับในผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ เป็นประชาชนทั่วไป ในถนนเส้นไสวประชาราษฎร์ คลอง 4 อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี จำนวน 2200 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ประชาชนที่รักสุขภาพหรือสนใจผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน ในถนนเส้นไสวประชาราษฎร์ คลอง 4 อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี จำนวน 400 คน

การคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ = ประชากร / $1 + \text{ประชากร} (0.05)^2 = 2200 / 1 + 2200(0.0025) = 400$ คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในครั้งนี้คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) จำนวน 1 ชุด แบ่งออกเป็น

3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลทางด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน โดยชนิดของแบบสอบถามเป็นแบบสำรวจรายการ (Checklist)

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคข้าวโดยชนิดของแบบสอบถามเป็นแบบสำรวจรายการ (Checklist)

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจและยอมรับเกี่ยวกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน มีลักษณะแบบสอบถามเป็นค่าคะแนนความสนใจในแนวคิด

ค่าคะแนนความสนใจในแนวคิด ให้ผู้บริโภคทำการประเมิน โดยเกณฑ์คะแนน มีดังนี้

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 คะแนน หมายถึง ไม่น่าสนใจแม้แต่น้อย | 2 คะแนน หมายถึง ไม่น่าสนใจ |
| 3 คะแนน หมายถึง สนใจน้อยมาก | 4 คะแนน หมายถึง สนใจบ้างเล็กน้อย |
| 5 คะแนน หมายถึง สนใจบ้าง | 6 คะแนน หมายถึง สนใจ |
| 7 คะแนน หมายถึง สนใจระดับหนึ่ง | 8 คะแนน หมายถึง สนใจมากระดับหนึ่ง |
| 9 คะแนน หมายถึง สนใจมาก | 10 คะแนน หมายถึง สนใจมากที่สุด |

เกณฑ์การให้คะแนนวัดระดับความพึงพอใจ (แปลผล) จากการคำนวณอัตราภาคขั้น โดยใช้สูตร ดังนี้ (คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด)/จำนวนระดับ = $(10 - 1)/10 = 0.9$

จึงสามารถแปลผลค่าเฉลี่ยและระดับความสนใจได้ดังนี้

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| ค่าเฉลี่ย 9.1-10 สนใจมากที่สุด | ค่าเฉลี่ย 8.1-9.0 สนใจมาก |
| ค่าเฉลี่ย 7.1-8.0 สนใจมากระดับหนึ่ง | ค่าเฉลี่ย 6.1-7.0 สนใจระดับหนึ่ง |

ค่าเฉลี่ย 5.1-6.0 สนใจบ้าง

ค่าเฉลี่ย 4.1-5.0 สนใจบ้างเล็กน้อย

ค่าเฉลี่ย 3.1-4.0 สนใจน้อยมาก

ค่าเฉลี่ย 2.1-3.0 ไม่น่าสนใจ

ค่าเฉลี่ย 1.1-2.0 ไม่น่าสนใจแม้แต่น้อย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ใช้สถิติในรูปแบบของร้อยละ

แบบสอบถามส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคข้าว ใช้สถิติในรูปแบบของร้อยละ

แบบสอบถามส่วนที่ 3 ค่าคะแนนความสนใจในแนวคิด ใช้สถิติในรูปแบบของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การรายงานผลด้วยสถิติเปรียบเทียบ จะใช้สถิติทดสอบโดย One-Way ANOVA และการรายงานผลด้วยสถิติความสัมพันธ์จะใช้สถิติทดสอบ Chi-square

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายและหญิง คิดเป็นร้อยละ 60 และ 40 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 20-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 52 ระดับการศึกษา พบว่าอยู่ในช่วงปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 64.8 มีอาชีพเป็นนักเรียน นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 37.5 เป็นผู้ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 10,000 – 15,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 34.25

จากการศึกษาข้อมูลพฤติกรรมการทานข้าวและข้าวฟังก์ชั้นของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ข้าวที่กลุ่มตัวอย่างนิยมรับประทานในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ข้าวขาว ข้าวหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 89 ปริมาณข้าวที่เหมาะสมในการรับประทานต่อมื้อ คือ 2 ทัพพี (100 กรัม) คิดเป็นร้อยละ 54.5 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ รู้จักผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชั้น คิดเป็นร้อยละ 59.75 ส่วนร้อยละ 40.25 ไม่รู้จักผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชั้น ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สนใจแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชั้น แนวคิดที่ 1 คือ โปรตีนสูง กากใยไฟเบอร์สูง คิดเป็นร้อยละ 54.75 รองลงมาคือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำและแคลเซียมสูง คิดเป็นร้อยละ 26.50 มีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี คิดเป็นร้อยละ 18.75 หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชั้น ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คิดว่าราคาข้าวฟังก์ชั้นควรอยู่ที่ 160 บาท ต่อปริมาณ 200 กรัม คิดเป็นร้อยละ 64.80 และผู้ตอบแบบสอบถามมักเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 49.5

จากการศึกษาข้อมูลความพึงพอใจและยอมรับเกี่ยวกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ โดยแสดงเป็นค่าคะแนนความสนใจในแนวคิด พบว่า ในหัวข้อของส่วนประกอบของข้าวฟังก์ชั้น ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลันเตา มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.78 ± 2.80 บร็อคโคลี่ กะหล่ำดอก ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนความสนใจมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.30 ± 2.88 และมันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.31 ± 2.88 แปลความได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจบ้างเล็กน้อย ไปจนถึงสนใจบ้าง

ด้านเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชั้น พบว่า เนื้อสัมผัสแบบนุ่มฟู เหนียวนุ่ม และนุ่มหนึบ ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนความสนใจมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.58 ± 2.83 5.76 ± 2.94 และ 5.52 ± 3.09 ตามลำดับ แปลความได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจบ้าง

ด้านประโยชน์ของข้าวฟังก์ชั้น พบว่า โปรตีนและกากใยไฟเบอร์สูง ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนความสนใจมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.74 ± 3.24 คาร์โบไฮเดรตต่ำแคลเซียมสูง 5.48 ± 3.11 และ มีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี 5.58 ± 3.12 แปลความได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจบ้าง

จากการรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจและยอมรับ เกี่ยวกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ โดยแสดงเป็นค่าคะแนน ความสนใจในแนวคิด 1-10 พบว่า แนวคิดที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ แนวคิด มันฝรั่ง หวานและน้ำมันรำข้าว ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.31 ± 2.88 ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่หันมาสนใจดูแลสุขภาพตนเองมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมันฝรั่งหวาน มีใยอาหารหรือไฟเบอร์อยู่มาก ช่วยให้อิ่มเร็วและอิ่มนาน มีน้ำตาลความหวานจากธรรมชาติของตัวมันฝรั่งหวาน ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ดีและมีความสำคัญต่อร่างกาย และนอกจากนี้ ในส่วนของน้ำมันรำข้าว ปัจจุบันได้รับความนิยมเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งอ้างอิงจากผลทางการแพทย์ที่ระบุว่า ผู้บริโภคมักเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด มาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่ถูกหลักโภชนาการ ซึ่งปัจจัยเสี่ยงหลักที่ทำให้เกิดโรคดังกล่าวมีด้วยกันหลายสาเหตุ โดยเฉพาะระดับไขมัน LDL-C ที่สูง และมี (Waseem และคณะ, 2020) อนุมูลอิสระที่มากจนเกินไป หรือภาวะออกซิเดทีฟเฟสเตรส (Oxidative stress) ทำให้ผู้บริโภคหันมาเลือกรับประทานอาหารที่ให้กรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น น้ำมันรำข้าว ซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (MUFA) และสารพฤกษเคมี ได้แก่ แกมมา-ออริซานอล (gamma-oryzanol) รวมทั้งวิตามิน E ซึ่งมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Zavoshy และคณะ, 2012) สอดคล้องกับหัวข้อความพึงพอใจในข้อที่ 3 ในด้านของประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนในหัวข้อ ต้องการโปรตีนและกากใยไฟเบอร์ในปริมาณที่สูง ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.74 ± 3.24 นอกจากนี้ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชันในลักษณะของความเหนียวนุ่ม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.76 ± 2.94 ซึ่งอ้างอิงจากพฤติกรรมการรับประทานข้าวของผู้บริโภค ที่จะชอบรับประทานข้าวที่มีลักษณะ เหนียวกำลังดี ไม่เคี้ยวยากจนเกินไป แต่ในความเหนียวนั้นต้องมีความนุ่มควบคู่กันไปด้วย ทำให้การรับประทานข้าวกับเมนูอาหารอื่น ๆ มีรสชาติที่ดีมากยิ่งขึ้น

การรายงานผลด้วยสถิติเปรียบเทียบ เป็นการวิเคราะห์สมมติฐานทั้ง 2 ส่วน โดยมีการใช้สถิติวิจัย ดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐานส่วนที่ 1 ใช้สถิติทดสอบโดย One-Way ANOVA

สมมติฐานข้อที่ 1: ความแตกต่างของลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศ มีผลต่อค่าคะแนนความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบข้าวฟังก์ชันทั้ง 3 แนวคิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลันเตา, บล๊อคโคลี กะหล่ำดอก และมันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว มีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ นุ่มฟู เหนียวนุ่ม นุ่มหนึบ และมีผลต่อประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ โปรตีนและกากใยไฟเบอร์สูง คาร์โบไฮเดรตต่ำแคลเซียมสูง และมีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี หรือไม่ พบว่า เพศชายและเพศหญิง มีความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบ เนื้อสัมผัส และประโยชน์แตกต่างกัน โดยพบว่า เพศหญิงให้ความสนใจในแนวคิดของข้าวฟังก์ชันมากกว่าเพศชาย ทั้งในด้านของส่วนประกอบ เนื้อสัมผัส และประโยชน์ (ตารางที่ 1) เนื่องจากเพศหญิง สนใจในการทานอาหารเพื่อสุขภาพ ดูแลตนเอง และมักให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ (กันต์วิรุฬห์ พลุปราษฎ และณัฐนรี สมิตร, 2563)

ตารางที่ 1: ผลวิเคราะห์ความแปรปรวน ของแนวคิดส่วนประกอบของข้าวฟังก์ชัน เนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน และประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน จำแนกตามเพศ

ความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Sig.
ถั่วเขียว ถั่วลันเตา					
ระหว่างกลุ่ม	1	2304.96	2304.96	1.10	.000
ภายในกลุ่ม	398	833.44	2.09		
รวม	399	3138.40			

ตารางที่ 1: ผลวิเคราะห์ความแปรปรวน ของแนวคิดส่วนประกอบของข้าวฟังก์ชัน เนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน และประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน จำแนกตามเพศ (ต่อ)

ความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Sig.
บล็อกโคลี กะหล่ำดอก					
ระหว่างกลุ่ม	1	2650.20	2650.20	1.58	.000
ภายในกลุ่ม	398	665.40	1.67		
รวม	399	3315.60			
มันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว					
ระหว่างกลุ่ม	1	2656.51	2656.51	1.64	.000
ภายในกลุ่ม	398	643.43	1.62		
รวม	399	3299.94			
นุ่มฟู					
ระหว่างกลุ่ม	1	2548.22	2548.22	1.54	.000
ภายในกลุ่ม	398	657.38	1.65		
รวม	399	3205.60			
เหนียวนุ่ม					
ระหว่างกลุ่ม	1	2847.08	2847.08	1.89	.000
ภายในกลุ่ม	398	598.40	1.50		
รวม	399	3445.48			
นุ่มหนึบ					
ระหว่างกลุ่ม	1	3144.17	3144.17	1.88	.000
ภายในกลุ่ม	398	665.63	1.67		
รวม	399	3809.80			
โปรตีน และกากใยไฟเบอร์สูง					
ระหว่างกลุ่ม	1	3628.50	3628.50	2.61	.000
ภายในกลุ่ม	398	553.98	1.39		
รวม	399	4182.48			
คาร์โบไฮเดรตต่ำ แคลเซียมสูง					
ระหว่างกลุ่ม	1	3278.34	3278.34	2.21	.000
ภายในกลุ่ม	398	591.41	1.49		
รวม	399	3869.75			
มีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี					
ระหว่างกลุ่ม	1	3276.01	3276.01	2.13	.000
ภายในกลุ่ม	398	613.27	1.54		
รวม	399	3889.28			

สมมติฐานข้อที่ 2: ความแตกต่างของลักษณะส่วนบุคคลด้านอายุ มีผลต่อค่าคะแนนความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบข้าวฟังก์ชันทั้ง 3 แนวคิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลันเตา, บล็อกโคลี กะหล่ำดอก และมันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว มีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ นุ่มฟู เหนียวนุ่ม นุ่มหนึบ และมีผลต่อประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ โปรตีนและกากใยไฟเบอร์สูง คาร์โบไฮเดรตต่ำแคลเซียมสูง และมีธาตุเหล็ก วิตามิน B

E และไขมันดี ที่แตกต่างกันหรือไม่ พบว่า คนที่มีอายุแตกต่างกันมีความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบเนื้อสัมผัส และประโยชน์แตกต่างกัน โดยพบว่า ช่วงอายุ 20-25 ปี ให้ความสนใจมากที่สุด (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) สอดคล้องกับงานวิจัยของวารางคณา บุญยงค์ และสุวดี โลวีวรรณ (2561) ที่รายงานว่าในวัยทำงานเป็นวัยที่ร่างกายทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ ใช้ร่างกายหนัก ต้องการสารอาหารที่ดีต่อสุขภาพและช่วยในการสีกหรือของส่วนต่างๆ ให้อวัยวะทุกส่วนทำงานได้ปกติ

สมมติฐานข้อที่ 3: ความแตกต่างของลักษณะส่วนบุคคลด้านระดับการศึกษา มีผลต่อค่าคะแนนความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบข้าวฟังก์ชันทั้ง 3 แนวคิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลันเตา, บล็อกโคลี กะหล่ำดอก และมันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว มีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ นุ่มฟู เหนียวนุ่ม นุ่มหนึบ และมีผลต่อประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ โปรตีนและกากใยไฟเบอร์สูง คาร์โบไฮเดรตต่ำแคลเซียมสูง และมีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี ที่แตกต่างกันหรือไม่ พบว่า บุคคลที่ระดับการศึกษาต่างกันมีความพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบ เนื้อสัมผัส และประโยชน์แตกต่างกัน โดยพบว่า ระดับการศึกษาที่ให้ความสนใจในมากที่สุด คือ ระดับการศึกษาปริญญาตรี (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) เนื่องจากในวัยนี้นั้นชอบลองทานอาหารที่มีลักษณะแปลกใหม่ และให้ความสนใจในด้านรสชาติ รสสัมผัส กลิ่น สี มากยิ่งขึ้น (อภิสิทธิ์ หลังไสยะ และ ฉันทนา ปาปัดถา, 2562; ชุตติกาญจน์ สรรประเสริฐ และคณะ, 2563)

สมมติฐานข้อที่ 4 ความแตกต่างของลักษณะส่วนบุคคลด้านอาชีพ มีผลต่อค่าคะแนนความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบข้าวฟังก์ชันทั้ง 3 แนวคิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลันเตา, บล็อกโคลี กะหล่ำดอก และมันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว มีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ นุ่มฟู เหนียว นุ่ม นุ่มหนึบ และมีผลต่อประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ โปรตีนและกากใยไฟเบอร์สูง คาร์โบไฮเดรตต่ำแคลเซียมสูง และมีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี ที่แตกต่างกันหรือไม่ พบว่า ทุกอาชีพ มีความพึงพอใจแตกต่างกันทุกหัวข้อ อาชีพที่ให้ความสนใจในแนวคิดมากที่สุด คือ อาชีพนักเรียน/นักศึกษา (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) เนื่องจากเป็นอาชีพที่ชอบความแปลกใหม่ และทดลองสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้ชีวิตในช่วงต่าง ๆ (อภิสิทธิ์ หลังไสยะ และ ฉันทนา ปาปัดถา, 2562; ชุตติกาญจน์ สรรประเสริฐ และคณะ, 2563)

สมมติฐานข้อที่ 5 ความแตกต่างของลักษณะส่วนบุคคลด้านรายได้ มีผลต่อค่าคะแนนความพึงพอใจต่อแนวคิดส่วนประกอบข้าวฟังก์ชันทั้ง 3 แนวคิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลันเตา, บล็อกโคลี กะหล่ำดอก และมันฝรั่งหวาน น้ำมันรำข้าว มีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ นุ่มฟู เหนียวนุ่ม นุ่มหนึบ และมีผลต่อประโยชน์ของข้าวฟังก์ชัน ได้แก่ โปรตีนและกากใยไฟเบอร์สูง คาร์โบไฮเดรตต่ำแคลเซียมสูง และมีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี ที่แตกต่างกันหรือไม่ พบว่า มีความพึงพอใจแตกต่างกัน โดยระดับรายได้ที่ให้ความสนใจในแนวคิดมากที่สุด คือ 10,001 – 15,000 บาท (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) เนื่องจากข้าวฟังก์ชันเป็นอีกฟังก์ชันหนึ่งที่ราคาไม่สูง ผู้ที่มีรายได้ปานกลางหรือตามมาตรฐาน ก็สามารถทานผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้

การทดสอบสมมติฐานส่วนที่ 2 ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูลต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลในการเปรียบเทียบจำนวน 2 กลุ่มขึ้นไป โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ ไคสแควร์ (Chi-square) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สมมติฐานข้อที่ 1 หาความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ด้านเพศ และ ชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน (ตารางที่ 2) ปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ (ตารางที่ 3) ความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด (ตารางที่ 4) ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน (ตารางที่ 5) และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (ตารางที่ 6) พบว่า เพศและชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทั้งเพศชายและเพศหญิง

สามารถเลือกรับประทานข้าวที่ต้องการรับประทานได้ แต่ในการเลือกชนิดข้าว นั้น ก็คำนึงถึงรสชาติและความอร่อยของชนิดข้าว นั้นๆ ด้านเพศและปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ พบว่ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทั้งเพศชายและหญิงสามารถเลือกรับประทานข้าวที่ปริมาณใดก็ได้ และมักคำนึงถึงปริมาณที่ทานเข้าไปว่าเหมาะสมต่อกิจกรรมและร่างกายหรือไม่ ด้านเพศและความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทั้งเพศชายและหญิง มีความคิดเห็นในการเลือกแนวคิดของข้าวฟังก์ชันที่เหมือนกัน ด้านเพศและราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทั้งเพศชายและหญิง สามารถเลือกซื้อข้าวฟังก์ชันในราคาและปริมาณที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านเพศและสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทั้งเพศชายและหญิง สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสถานที่ต่าง ๆ ได้เหมือนกัน

ตารางที่ 2: ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศและชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน

	ข้าวขาว, หอมมะลิ	ข้าวกล้อง	ข้าวไรซ์ เบอร์รี่	ข้าวธัญพืช	รวม	χ^2	Sig.
ชาย	210	8	2	0	220	74.16	.000
หญิง	146	12	22	0	180		
รวม	356	20	24	0	400		

ตารางที่ 3: ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศและปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ

	1 ทัพพี (50 กรัม)	2 ทัพพี (100 กรัม)	3 ทัพพี (150 กรัม)	4 ทัพพี (200 กรัม)	รวม	χ^2	Sig.
ชาย	30	108	48	12	198	3.48	.000
หญิง	89	110	3	0	202		
รวม	119	218	51	12	400		

ตารางที่ 4: ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศและความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าว ฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด

	โปรตีนและ กากใยไฟเบอร์ สูง	คาร์โบไฮเดรต ต่ำแคลเซียมสูง	มีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี	รวม	χ^2	Sig.
ชาย	0	85	75	160	3.30	.000
หญิง	219	21	0	240		
รวม	219	106	75	400		

ตารางที่ 5: ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศและราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน

	200 กรัม (160 บาท)	250 กรัม (240 บาท)	300 กรัม (300 บาท)	รวม	χ^2	Sig.
ชาย	19	112	29	160	3.27	.000
หญิง	240	0	0	240		
รวม	259	112	29	400		

ตารางที่ 6: ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศและสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

	ร้านสะดวกซื้อ	ห้างสรรพสินค้า	ร้านค้าทั่วไป	รวม	χ^2	Sig.
ชาย	19	112	29	160	2.71	.000
หญิง	240	0	0	240		
รวม	259	112	29	400		

สมมติฐานข้อที่ 2 หาความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคลด้านอายุ ต่อชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน ปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ ความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ พบว่า อายุ และชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกช่วงอายุสามารถเลือกรับประทานชนิดข้าวต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้เหมือนกัน ด้านอายุและปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกช่วงอายุ สามารถเลือกรับประทานชนิดข้าวต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านอายุและความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกช่วงอายุมีความคิดเห็นต่อแนวคิดข้าวฟังก์ชันที่เหมือนและใกล้เคียงกัน ด้านอายุและราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกช่วงอายุสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชันในปริมาณและราคาที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านอายุและสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกช่วงอายุสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสถานที่ต่างๆได้เหมือนกัน (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง)

สมมติฐานข้อที่ 3 หาความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ด้านระดับการศึกษา ต่อชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน ปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ ความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ พบว่า ระดับการศึกษาและชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่าทุกระดับการศึกษา สามารถเลือกรับประทานชนิดข้าวต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้เหมือนกัน ด้านระดับการศึกษาและปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่าทุกระดับการศึกษา สามารถเลือกรับประทานชนิดข้าวต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านระดับการศึกษาและความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่าทุกระดับ

การศึกษา มีความสนใจในแนวคิดข้าวฟังก์ชันที่ใกล้เคียงและเหมือนกัน ด้านระดับการศึกษาและราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกระดับการศึกษา สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชันได้ในปริมาณและราคาที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านระดับการศึกษา และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกระดับการศึกษา สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสถานที่ต่างๆ ได้เหมือนกัน (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง)

สมมติฐานข้อที่ 4 หาความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ด้านอาชีพ ต่อชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน ปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ ความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ พบว่า อาชีพและชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกอาชีพ สามารถเลือกรับประทานข้าวชนิดต่างๆ ได้เหมือนกัน ด้านอาชีพและปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกอาชีพ สามารถเลือกรับประทานข้าวในปริมาณที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านอาชีพและความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกอาชีพ มีความสนใจในแนวคิดข้าวฟังก์ชันที่ใกล้เคียงและเหมือนกัน ด้านอาชีพและราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกอาชีพ สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชันในปริมาณและราคาที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านอาชีพและสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกอาชีพ สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสถานที่ต่างๆ ได้เหมือนกัน (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง)

สมมติฐานข้อที่ 5 หาความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ด้านรายได้ ต่อชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน ปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ ความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ พบว่า รายได้และชนิดข้าวที่รับประทานในชีวิตประจำวัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แปลความได้ว่า ทุกระดับรายได้ สามารถเลือกทานข้าวชนิดต่างๆ ได้เหมือนกัน ด้านรายได้และปริมาณที่เหมาะสมในการทานข้าวต่อมื้อ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกระดับรายได้ สามารถเลือกทานข้าวในปริมาณที่เหมาะสมและต้องการได้เหมือนกัน ด้านรายได้และความคิดเห็นต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน จำนวน 3 แนวคิด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกระดับรายได้ มีความสนใจในแนวคิดข้าวฟังก์ชันที่ใกล้เคียงและเหมือนกันได้ ด้านรายได้และราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกระดับรายได้ สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในราคาและปริมาณที่เหมาะสมได้เหมือนกัน ด้านรายได้และสถานที่ที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกระดับรายได้ สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสถานที่ต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกัน (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง)

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน ศึกษาแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสนใจและยอมรับในผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชัน และศึกษาพฤติกรรมมารับประทานอาหารฟังก์ชันของผู้บริโภคในปัจจุบัน โดยมีแนวคิดข้าวฟังก์ชัน 3 แนวคิด ได้แก่ โปรตีนสูง กากใย

ไฟเบอร์สูง คาร์โบไฮเดรตต่ำและแคลเซียมสูง และ มีธาตุเหล็ก วิตามิน B E และไขมันดี โดยใช้วิธีการสร้างแบบสอบถาม จำนวน 400 ชุด ในแบบสอบถาม 1 ชุดจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ใช้สถิติในรูปแบบของร้อยละ ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคข้าว ใช้สถิติในรูปแบบของร้อยละ ส่วนที่ 3 ค่าคะแนนความสนใจในแนวคิด ใช้สถิติในรูปแบบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ผลด้วยสถิติเปรียบเทียบใช้สถิติทดสอบ One-Way ANOVA และการรายงานผลด้วยสถิติความสัมพันธ์ใช้สถิติทดสอบ Chi square ผลการศึกษาพบว่า แนวคิดที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือแนวคิดโปรตีนสูง กากใยไฟเบอร์สูง โดยส่วนผสมหลัก คือ มันฝรั่งหวานและน้ำมันรำข้าว ซึ่งคุณประโยชน์สอดคล้องกับแนวคิด และผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสนใจ เนื้อสัมผัสของข้าวฟังก์ชัน คือ เหนียวนุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภคข้าวของคนในปัจจุบัน ผลจากการศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการด้านธุรกิจอาหารสุขภาพหรือผู้ที่สนใจ สามารถประยุกต์เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวฟังก์ชันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็นการเพิ่มฟังก์ชันให้แก่ผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กันต์วิรุฬห์ พลุประาษฎ และ ณัฐนรี สมิตร. (2563). พฤติกรรม และความต้องการทางด้านผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 14(2), 307-322.
- ชุติกัญจน์ สรรประเสริฐ, รมิตา ศิริพินิตนันท์, ทินกร ทาดี, และ ชมพูนุท สุทธิกุล (2563). ปัจจัยที่ส่งผลให้นักศึกษาในมหาวิทยาลัยเลือกใช้บริการร้านอาหารประเภทฟู้ดทรัค. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย*, 15(52), 30-41.
- มัชฌิมา จันท์สว่างกวนะ. (2562, 26 มีนาคม). *RightRice ข้าวทางเลือกที่ดีกว่า*. ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. <https://www.prachachat.net/ict/news-307086>.
- ราณี สุรกาญจน์กุล และ ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. (2556). การผลิตก๋วยเตี๋ยวด้วยแป้งข้าวโมลต์. *วารสารอาหารและสุขภาพ*, 43(1), 68-71.
- วรางคณา บุญยงค์ และ สุวลี โลวีกรรณ์. (2561). พฤติกรรมการบริโภคอาหารและภาวะโภชนาการของวัยแรงงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ อำเภอจันทหาร จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, (11)4, 1-9.
- หทัยชนก ศรีประไพ, ฉัตรชนก บุญไชย, และ ยศสินี หัวดวง. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจากแป้งข้าวกล้อง. *Thai Journal of Science and Technology*, (7)1, 58-69.
- อภิสิทธิ์ หลังไธสง และ ฉันทนา ปาปัดถา. (2562). พฤติกรรมการบริโภคอาหารแช่แข็งของบุคลากรและนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, (12)1, 24-36.
- Lamberts, L., de Bie, E., Vandeputte, G. E., Veraverbeke, W. S., Derycke, V., de Man, W., & Delcour, J. A. (2007). Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. *Journal of Food Chemistry*, 100, 1496-1503.
- Rosa, Z., Mostafa, N., & Hassan. J. (2012). Effect of low calorie diet with rice bran oil on cardiovascular risk factors in hyperlipidemic patients. *Journal of Research in Medical Sciences*, 17(7), 626-631.



Roy, P., Orikasa, T., Okadome, H., Nakamura, N., & Shiina, T. (2011). Processing conditions, rice properties, health and environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8, 1957-1976.

Bhattacharya, S., & Prakash, M. (1994). Extrusion of blends of rice and chick pea flours: A response surface analysis. *Journal of Food Engineering*, 3(21), 315-330.

Waseem, K., Muhammad, Z. K., Afifa, A., Anam, T., Ali. I., Muhammad, R., Sahar, Y., Aqsa, B., & Anoosh, F. (2020). nutritional composition and health benefits of potato: a review. *Advanced Food and Nutritional Sciences*, 5, 7-16.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์

DEVELOPMENT OF DRINKING SOYA YOGURT WITH CHAMOMILE TEA

ศศิมาภรณ์ สามารณ^{1*}, ปัญจภัสร์ จิรนิตราวิทย์²

Sasimaporn Samard^{1*}, Patnchapath Jiranitsarawit²

^{1,2}คณะการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2}Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding author, E-mail: sasimapornsam@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มให้มีคุณประโยชน์และเหมาะสมสำหรับการดื่มก่อนนอน โดยมีส่วนผสมหลักจากน้ำนมถั่วเหลืองที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและน้ำชาคาโมมายล์ที่มีคุณสมบัติช่วยส่งเสริมการนอนหลับให้ดีขึ้น นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจำนวน 3 สูตร ที่มีส่วนผสมของโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์ในอัตราส่วน ดังนี้ 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ตามลำดับ โดยทำการตรวจคุณภาพด้านเคมี ทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้านความพอดี และด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่มผู้ทดสอบที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 45 ปี จำนวน 50 คน ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.70 ถึง 4.75 และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ที่ 24 และ 26 องศาบริกซ์ ผลด้านความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-points hedonic scale พบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่ม ที่อัตราส่วนโยเกิร์ตถั่วเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์ 70 : 30 มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด ผลการทดสอบด้านความพอดีพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ควรปรับปรุงด้านกลิ่นรสของถั่วเหลืองลดลง ผลด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้ทดสอบร้อยละ 86 (43 จาก 50 คน) ยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มจากน้ำชาคาโมมายล์

คำสำคัญ: โยเกิร์ตพร้อมดื่ม นมถั่วเหลือง ชาคาโมมายล์ โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่ม โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์

ABSTRACT

This research aimed to develop drinking yogurts that are beneficial and suitable for drinking before bedtime. Soya milk as a nutritional ingredient and chamomile tea as a sleepiness aid were mainly used in this experiment, the development of three drinking yogurt formulae. The conditions were ratio of soya yogurt: chamomile tea at 90 : 10, 80 : 20 and 70 : 30, respectively. Chemical analysis and sensory evaluation in terms of preference, just-about-right scale and acceptability of the products were investigated. The fifty respondents aged between 18 and 45 years participated in sensory test. The findings showed that pH of three formulae ranged between 4.70 and 4.75 and the total soluble solid of products were 24 to 26°Brix. The preference test, which was evaluated by using 9-point

hedonic scale, showed that at the ratio of soya yogurt : chamomile tea at 70 : 30 presented the highest scores of overall satisfaction attributes. The just-about-right results revealed that the soya flavor of three formulae should be decreased. The sensory acceptability test indicated that 86% of panelists (43 from 50 panelists) accepted the drinking soya yogurt from chamomile tea.

Keywords: Drinking Yogurt, Soya Milk, Chamomile Tea, Drinking Soya Yogurt, Drinking Soya Yogurt with Chamomile Tea

บทนำ

เนื่องจากรูปแบบการดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบันที่มีความเร่งรีบและมีการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตอยู่ตลอดเวลา ทำให้ผู้คนมีสถานะ เครียด กังวล จนในบางครั้งเกิดความกังวลใจจนทำให้อนอนหลับไม่สนิท มีอาการตื่นกลางดึก ส่งผลให้เมื่อเวลาตื่นนอนในตอนเช้าอาจรู้สึกเพลีย และส่งผลกระทบต่อร่างกาย ด้วยเหตุนี้ผู้บริโภคจึงหันมาให้ความสำคัญและสนใจเกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยผู้บริโภคจะเลือกรับประทานอาหารที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองได้ถูกพัฒนาให้มีหลากหลายรูปแบบและหลากหลายรสชาติเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอีกด้วย

โยเกิร์ตถั่วเหลือง (soya yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองได้จากการเติมจุลินทรีย์ที่มีชีวิตโพรไบโอติก ลงไปในโยเกิร์ต โดยเป็นเครื่องดื่มนมที่มีรสชาติเปรี้ยวตามธรรมชาติ ซึ่งการบริโภคโยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมโคและยังเหมาะสำหรับคนที่รับประทานอาหารเจหรือมังสวิรัตอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าอุดมไปด้วยโปรตีน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เลซิติน ไอโซฟลาโวน แร่ธาตุ กรดอะมิโนอิสระ และพอลิเพปไทด์ (Smith & Huyser, 1987) ในปัจจุบันโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีการขายในท้องตลาด ยี่ห้อ Rivon รสดั้งเดิมปริมาณ 130 กรัม ให้คุณค่าทางโภชนาการดังนี้ พลังงานทั้งหมด 80 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 0.5 กรัม โปรตีน 6 กรัม โยอาหาร 7 กรัมและน้ำตาล 5 กรัม แสดงให้เห็นถึงคุณค่าสารอาหารที่ได้รับประโยชน์จากถั่วเหลืองที่มาพร้อมกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์กับร่างกาย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

คาโมมายล์ (chamomile) จัดอยู่ในพืชตระกูลดอกเดซี่ (*Asteraceae*) มีลักษณะเป็นดอกไม้ที่มีกลีบดอกสีขาวและมีเกสรสีเหลืองอยู่กลางดอก โดยจะเบ่งบานส่งกลิ่นหอมในต้นฤดูร้อนช่วงมีนาคมถึงเมษายน และจะบานสะพรั่งไปจนถึงช่วงปลายเดือนมิถุนายน (Singh et al., 2011) ในปัจจุบันจะนำส่วนดอกคาโมมายล์มาอบแห้ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และถูกนำไปใช้ในการแปรรูปของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร ชาสมุนไพรเป็นชาที่ไม่ได้ทำจากใบของต้นชา เหมือนใบชาชนิดอื่น ๆ แต่เป็นชาที่ได้จากการนำส่วนของพืช เช่น ใบ ดอก ผล หรือราก มาอบแห้ง แล้วชงดื่มคล้ายชา เช่น ต้นตะไคร้ แง่งชิง ใบเตย ดอกเก๊กฮวย ดอกคำฝอย และใบหม่อน เป็นต้น ชาสมุนไพรเป็นชาที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีการกล่าวอ้างว่าช่วยบำบัดอาการบางอย่างได้ (สิริพันธ์ จุลรังคะ, 2555) จากรายงานการวิจัยพบว่า ดอกคาโมมายล์มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่ช่วยคลายวิตกกังวลและทำให้อนอนหลับดีขึ้น โดยพบว่ามีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ อะพิจินิน (apigenin) ออกฤทธิ์โดยการจับกับ เบ็นโซไดอาเซพีน รีเซพเตอร์ (benzodiazepine receptors) นอกจากนี้ในสารสกัดยังพบสารกาบา (GABA) ปริมาณเล็กน้อย ซึ่งกาบาเป็นสารสื่อกระแสประสาท (neurotransmitter) ทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมอง ช่วยเกิดการผ่อนคลาย (ณัฐฉิณี อนันต์โชค, 2559) และทำให้หลับสบาย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาทาง

คลินิกในกลุ่มที่มีภาวะโรควิตกกังวล โดยให้รับประทานสารสกัดจากดอกคาโมมายล์ติดต่อกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีความวิตกกังวลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Fournier et al., 2009) ด้วยเหตุนี้เอง ดอกคาโมมายล์จึงมีศักยภาพในการส่งเสริมการนอนหลับให้ดีขึ้นได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่ม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีประโยชน์กับร่างกาย เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค โดยการนำคาโมมายล์ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่ช่วยคลายวิตกกังวลและทำให้หลับสบายดีขึ้น มาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับใช้ในการศึกษาโดยมีประเด็นการค้นคว้าดังต่อไปนี้

โยเกิร์ต (Yogurt)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมโดยเชื้อจุลินทรีย์ (culture product) นำนมที่ใช้อาจเป็นนมสด นมพร่องมันเนย นมคั้นรูปจากนมพร่องมันเนย หมักด้วยจุลินทรีย์ นิยมใช้เชื้อผสมของ แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ได้แก่ แล็คโตแบซิลลัส บัลการิคัส (*Lactobacillus bulgaricus*) กับ สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส (*Streptococcus thermophiles*) โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวจะเปลี่ยนน้ำตาลในนม คือ แลคโตสให้เป็นกรดแลคติก (Lactic acid) ที่ทำให้โปรตีนตกตะกอน มีลักษณะเป็นลิ่มค่อนข้างนุ่ม (soft curd) คือ มีเนื้อสัมผัสแข็งแข็งเหลว โดยทั่วไปมีสีขาวถึงขาวนวล มีกลิ่น หอมอ่อนๆ เฉพาะตัว รสชาติเปรี้ยว เนื่องจากมีกรดค่อนข้างสูง และมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ปริมาณมาก (ศุภลักษณ์ สารพันธ์ และสุมาพร เพาะผล, 2549)

โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (Drinking Yogurt)

ปัจจุบันมีการนำโยเกิร์ตมาพัฒนาหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะโยเกิร์ตพร้อมดื่ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำโยเกิร์ตไปปั่น จนมีลักษณะเป็นน้ำหรือของเหลวที่สามารถดื่มได้ทันที ในทางอุตสาหกรรมนิยมเติมน้ำนม น้ำเชื่อม หรือน้ำผลไม้ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้มีรสชาติที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเติมสารให้ความหวานและกลิ่นรสต่าง ๆ ลงไปด้วย กล่าวได้ว่าโยเกิร์ตพร้อมดื่มจัดเป็นโยเกิร์ตแบบคนหรือแบบกวนที่มีความหนืดต่ำ (จิรเดช มณีรัตน์, 2553) โดยปกติโยเกิร์ตทำจากนมวัวเพียงอย่างเดียว แต่ในช่วงหลังพบว่าธัญชาติมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งนมวัวไม่มีจึงมีการใช้ธัญชาติชนิดต่าง ๆ เป็นส่วนผสมในการทำโยเกิร์ต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและเพิ่มชนิดของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดให้หลากหลายขึ้น

ถั่วเหลือง (Soya Bean)

ถั่วเหลือง เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลถั่ว (*Leguminosae*) เป็นพืชตระกูลถั่ว ในตัวถั่วเหลืองมีสารอาหารต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และ วิตามินชนิดต่าง ๆ จึงทำให้ถั่วเหลืองมีสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางโภชนาการ ในการที่นำถั่วเหลืองมา ใช้ประโยชน์นั้นส่วนใหญ่มักแปรรูปถั่วเหลืองเป็นนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซึ่งล้วนเป็นอาหารหรือส่วนประกอบในอาหารที่คนส่วนใหญ่รู้จักเป็นอย่างดี แต่ในอดีตถั่วเหลืองยังมีกลิ่นเฉพาะตัวที่เรียกว่า กลิ่นถั่ว (beany flavor) เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับค่อนข้างน้อย (Scalabrini et al., 1998) แต่ปัจจุบันได้มีการ

พัฒนาการแปรรูปถั่วเหลืองให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

ชาคาโมมายล์ (Chamomile Tea)

คาโมมายล์ จัดอยู่ในพืชตระกูลดอกเดซี่ (*Asteraceae*) มีลักษณะเป็นดอกไม้ที่มีกลีบดอกสีขาว และมีเกสรสีเหลืองอยู่กลางดอก (Singh et al., 2011) จัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีการค้นพบและมีการบันทึกประวัติการใช้รักษาโรคมานานยาวนานในเภสัชตำรับของประเทศต่าง ๆ กว่า 26 ประเทศ (Gardiner, 1999) ชาคาโมมายล์ถือเป็นชาที่ทำให้ผู้ดื่มรู้สึกผ่อนคลายและช่วยในการนอนหลับ จากการศึกษาผู้ที่มีปัญหาการนอนในผู้หญิงหลังการตั้งครรภ์ ดื่มชาคาโมมายล์เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าช่วยทำให้การนอนหลับสนิทมากขึ้น และลดความเครียดที่เกิดขึ้นหลังการตั้งครรภ์ นอกจากนี้ชาคาโมมายล์จะช่วยทำให้ประสิทธิภาพการนอนดีขึ้นแล้ว มีคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียลดการอักเสบ สร้างซ่อมแซมเซลล์ และช่วยในกระบวนการผลัดเซลล์ผิวควบคู่ไปกับประโยชน์ที่เกี่ยวข้องด้านอื่น ๆ เช่น อาจช่วยในการกระตุ้น การผลิตสารที่มีบทบาทในการควบคุมการนอนหลับทำให้คุณภาพการนอนหลับดีขึ้นอีกด้วย (Kushikata et al., 1998)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนน้ำชาคาโมมายล์ที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์
3. เพื่อศึกษาการทดสอบทางด้านเคมี และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อโยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ประชากรคือ ผู้บริโภคที่รับประทานผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่ม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบคือ ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่ชื่นชอบการรับประทานผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองหรือถั่วอื่น ๆ หรือกลุ่มคนที่แพ้นมวัว หรือกลุ่มคนรักสุขภาพ ช่วงวัยรุ่นและวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 45 ปี ในเขตนนทบุรี จำนวน 50 คน โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ โดยใช้วิธีการชิมให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) การทดสอบความพอดี (Just-About-Right scale: JAR) แบบ 3 ระดับ และการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมของการศึกษานี้คือ แบบบันทึกข้อมูลด้านการวิเคราะห์ทางเคมี และแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งเป็นไปในรูปแบบของการให้กลุ่มตัวอย่างกรอกแบบสอบถามด้านความชอบ ความพอดี และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การทดสอบด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร โดยทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่ม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความชอบต่อผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร โดยกำหนดการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ ในการประเมินคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัสในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัสความเนียนละเอียด ความข้นหนืดและความชอบโดยรวมด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดยมีคะแนนความชอบจาก 1- 9 คะแนน (Nicolas et al., 2010) ดังนี้

- คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
- คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
- คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
- คะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
- คะแนน 5 หมายถึง เฉย ๆ
- คะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย
- คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง
- คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก
- คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามความพอดีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร โดยให้กลุ่มผู้ทดสอบให้คะแนนค่าความพอดีต่อคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความเนียนละเอียด) และความข้นหนืด โดยการระบุแนวโน้มของแต่ละคุณลักษณะแบบ JAR 3 ระดับ ว่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป คะแนน 1 หมายถึง น้อยเกินไป คะแนน 2 หมายถึง พอดี และคะแนน 3 หมายถึง มากเกินไป ส่วนการหาทิศทาง การปรับปรุงคุณลักษณะที่กำหนดของผลิตภัณฑ์ด้วยการหาค่าขนาดและทิศทางของความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง (Net score) ซึ่งได้มาจาก ร้อยละของคะแนนมากเกินไป ลบด้วยร้อยละของคะแนนน้อยเกินไป และกำหนดว่าหากค่าขนาดและทิศทางของความแตกต่างระหว่างตัวอย่างของคุณลักษณะใด มีคะแนนต่ำกว่า -20 แสดงว่าควรปรับคุณลักษณะนั้นเพิ่มขึ้น และหากสูงกว่า 20 แสดงว่าควรปรับคุณลักษณะนั้นลดลง แต่ถ้าหากมีคะแนนอยู่ระหว่าง -20 ถึง 20 แสดงว่าไม่จำเป็นต้องปรับคุณลักษณะนั้น ๆ แล้ว

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่ม

ขั้นตอนการดำเนินวิจัย

1. การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองซีกที่ไม่มีเปลือกล้างน้ำสะอาด 2 รอบ แล้วทำการแช่ถั่วเหลืองในน้ำอุ่นสะอาดที่มีอุณหภูมิ 60 ถึง 65 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:3 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด กรองแยกถั่วเหลืองที่อมน้ำแล้วมาผสมกับน้ำสะอาด 2 ลิตร แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ หลังจากนั้นกรองส่วนผสมที่ปั่นได้ทั้งหมดด้วยผ้าขาวบางสะอาด 2 ชั้น บีบคั้นน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ออกจากกากถั่วเหลือง นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ไปต้มที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 90 องศาเซลเซียสขึ้นไปเป็นระยะเวลา 10 นาทีเพื่อขจัดกลิ่นเหม็นเขียว หลังจากนั้นเติมน้ำตาลทราย 50 กรัม และเกลือ 0.5 กรัม ผสมให้เข้ากันแล้วทำการพาสเจอร์ไร์สนมถั่วเหลืองโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที

2. การเตรียมโยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่ม

เตรียมโยเกิร์ตถ้วยเหลืองชนิดคงตัว (set yogurt) โดยนำน้ำนมถั่วเหลืองพาสเจอร์ไร์ที่เตรียมไว้มาลดอุณหภูมิลงเหลือ 40 ถึง 43 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตทางการค้าธรรมชาติจากเชื้อ

Lactobacillus bulgaricus และ *Streptococcus thermophilus* ร้อยละ 7 (โดย น้ำหนัก) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาบ่มที่กำหนดไว้ ให้นำโยเกิร์ตที่ได้ใส่ตู้เย็นแล้วบ่มต่อที่อุณหภูมิตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

3. การศึกษาอัตราส่วนน้ำซาคาโมมายล์ที่เหมาะสม

นำโยเกิร์ตถ้วยเหลืองที่เซทตัวแล้วไปปั่นผสมกับน้ำซาคาโมมายล์ในอัตราส่วนโยเกิร์ตถ้วยเหลือง : น้ำซาคาโมมายล์ 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ตามลำดับ วิธีการเตรียมน้ำซาคาโมมายล์ก่อนผสมคือ นำถุงชาดอกคาโมมายด์ 25 กรัม แช่ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 4 นาที หลังจากนั้นนำถุงชาออกแล้วร่อนจนอุณหภูมิน้ำชาลดลงที่ 25 องศาเซลเซียส จึงนำไปปั่นผสมรวมกับโยเกิร์ตถ้วยเหลืองด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ หลังจากนั้นบรรจุใส่ขวดพลาสติก และ เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. การตรวจวัดคุณภาพด้านเคมี

ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) หน่วยของศาบริกซ์ โดยใช้ hand refractometer

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตโยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำซาคาโมมายล์สูตรพัฒนา หลังจากนั้นมีการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) การทดสอบความพอดี (Just-About-Right scale: JAR) แบบ 3 ระดับ และการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดคุณภาพด้านเคมีและการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส โดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (SPSS12.0 for Windows, SPSS Inc., Thailand)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาคุณภาพด้านเคมีดังตารางที่ 1 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมซาคาโมมายล์ มีค่าอยู่ในช่วง 4.70 ถึง 4.75 โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำซาคาโมมายล์ที่เพิ่มขึ้นจากอัตราส่วน 10 เป็น 30 แต่อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในด้านของผลทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของโยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมซาคาโมมายล์ พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้หมดอยู่ที่ระดับ 24 และ 26 องศาบริกซ์ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้หมดลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำซาคาโมมายล์ในสูตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Fasogbon et al., 2013) ที่รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แปรผกผันกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เช่น ค่า pH ที่เพิ่มขึ้น ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะลดลง

ตารางที่ 1: ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์ ในอัตราส่วนที่ต่างกัน 3 ระดับ

สูตร โยเกิร์ตถั่วเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)
90 : 10	4.70 ± 0.02 ^{ns}	26.00 ± 0.00
80 : 20	4.72 ± 0.01 ^{ns}	25.00 ± 0.00
70 : 30	4.75 ± 0.02 ^{ns}	24.00 ± 0.00

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความเนียนละเอียด) ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ โดยมีอัตราส่วนโยเกิร์ตถั่วเหลือง : ชาคาโมมายล์ที่ระดับ 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน พบว่า โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ ทั้ง 3 สูตร มีลักษณะเป็นของเหลวข้นมีสีครีมอ่อน มีกลิ่นหมักเฉพาะตัวของถั่วเหลืองและหัวเชื้อ มีรสชาติเปรี้ยวอมหวานจากรสชาติของเนื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองและน้ำชาคาโมมายล์ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 70 : 30 เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ที่ระดับความเข้มข้น 80 : 20 และ 90 : 10 ตามลำดับ ($p < 0.05$)

ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มที่อัตราส่วนของน้ำชาคาโมมายล์ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ด้านกลิ่นรส รสหวาน ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) จากตารางที่ 2 พบว่า กลิ่นรสมีค่าคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.33 ± 1.09 ถึง 6.80 ± 0.86 ที่ระดับคะแนนความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ความข้นหนืดมีคะแนนความชอบ 7.36 ± 1.01 ถึง 7.81 ± 1.22 ที่ระดับคะแนนความชอบปานกลางถึงชอบมาก ในด้านคะแนนความชอบของกลิ่นรสและความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เมื่อมีส่วนผสมของน้ำชาคาโมมายล์ที่เพิ่มขึ้นหรือปริมาณโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ลดลง ซึ่งอาจทำให้ง่ายต่อการรับประทานของผู้ทดสอบ นอกจากนี้ในด้านรสชาติหวานมีค่าคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.00 ± 0.75 ถึง 7.45 ± 0.73 ที่ระดับคะแนนความชอบปานกลาง ค่าคะแนนความชอบด้านความหวานของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจะลดลง เมื่อมีส่วนผสมของน้ำชาคาโมมายล์ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2: ค่าเฉลี่ยด้านความชอบของโยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์ ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

3 ระดับ

คุณลักษณะ	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย		
	90 : 10	80 : 20	70 : 30
ลักษณะปรากฏ	6.84 ± 1.02 ^{ns}	7.16 ± 1.01 ^{ns}	7.14 ± 0.79 ^{ns}
สี	7.47 ± 0.92 ^{ns}	7.63 ± 1.63 ^{ns}	7.51 ± 1.22 ^{ns}
กลิ่นรส	6.33 ± 1.09 ^b	6.76 ± 0.82 ^a	6.80 ± 0.86 ^a
รสหวาน	7.45 ± 0.73 ^a	7.44 ± 0.86 ^a	7.00 ± 0.75 ^b

ตารางที่ 2: ค่าเฉลี่ยด้านความชอบของโยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์ ในอัตราส่วนที่ต่างกัน (ต่อ)

3 ระดับ

คุณลักษณะ	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย		
	90 : 10	80 : 20	70 : 30
เนื้อสัมผัสความเนียนละเอียด	7.21 ± 0.69 ^{ns}	7.36 ± 0.87 ^{ns}	7.31 ± 0.79 ^{ns}
ความขุ่นหนืด	7.36 ± 1.01 ^b	7.50 ± 1.02 ^{ab}	7.81 ± 1.22 ^a
ความชอบโดยรวม	6.58 ± 0.76 ^c	7.06 ± 0.83 ^b	7.96 ± 0.75 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละชุดข้อมูล

a, b, c อักษรที่ต่างในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าความพอดีดังแสดงในตารางที่ 3 ทำให้ทราบแนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์พบว่า โยเกิร์ตพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร ควรปรับคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของถ้วยเหลืองให้ลดลง ในขณะที่ด้านสี ด้านรสหวาน และด้านเนื้อสัมผัสความเนียนละเอียดของทั้ง 3 สูตร มีความพอดีไม่จำเป็นต้องปรับปรุง ในส่วนของด้านความขุ่นหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มในน้ำชาคาโมมายล์ที่ระดับอัตราส่วน 90 : 10 และ 80 : 20 ควรปรับปรุงความขุ่นหนืดให้ลดลง

ตารางที่ 3: ค่าความพอดี (JAR) ของโยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์ ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

3 ระดับ

สูตร	ลักษณะที่ประเมิน	ความถี่ (%)			Net score (%มากไป-%น้อยไป)	ทิศทางการปรับปรุง
		น้อยไป	พอดี	มากไป		
90 : 10	สี	4	91	5	1	ไม่ต้องปรับ
	กลิ่นรส	0	38	61	61	ปรับกลิ่นถ้วยลดลง
	รสหวาน	25	69	6	-19	ไม่ต้องปรับ
	เนื้อสัมผัสความเนียน	18	77	5	-13	ไม่ต้องปรับ
	ความขุ่นหนืด	12	55	43	31	ปรับความขุ่นหนืดลดลง
80 : 20	สี	4	89	7	3	ไม่ต้องปรับ
	กลิ่นรส	0	57	43	43	ปรับกลิ่นถ้วยลดลง
	รสหวาน	19	73	8	-11	ไม่ต้องปรับ
	เนื้อสัมผัสความเนียน	18	81	2	-16	ไม่ต้องปรับ
	ความขุ่นหนืด	10	51	39	29	ปรับความขุ่นหนืดลดลง
70 : 30	สี	2	93	5	3	ไม่ต้องปรับ
	กลิ่นรส	0	65	35	35	ปรับกลิ่นถ้วยลดลง
	รสหวาน	33	48	19	-14	ไม่ต้องปรับ
	เนื้อสัมผัสความเนียน	32	35	32	0	ไม่ต้องปรับ
	ความขุ่นหนืด	13	75	12	-1	ไม่ต้องปรับ

จากตารางที่ 4 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 50 คนให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์ร้อยละ 86 แบ่งเป็นโยเกิร์ตถ้วยเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์ที่ระดับ 80 : 20 ร้อยละ 6 และ 70 : 30 ร้อยละ 80 ด้วยเหตุผล 3 อันดับแรก คือ รสชาติแปลกใหม่ ดื่มง่าย และอร่อย นอกจากนี้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความยินดีในการซื้อผลิตภัณฑ์นี้หากมีการวางจำหน่ายร้อยละ 76

ตารางที่ 4: ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์

ข้อมูลการบริโภค	จำนวน	ร้อยละ
1. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์หรือไม่		
ยอมรับ (ที่อัตราส่วน 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 คิดเป็นร้อยละ 0, 6. และ 80 ตามลำดับ)	43	86
ไม่ยอมรับ	7	14
2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ เพราะเหตุใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
อร่อย	30	60
รสชาติแปลกใหม่	40	80
ดื่มง่าย	35	70
คุณค่าทางโภชนาการ	21	42
ชื่นชอบผลิตภัณฑ์จากถ้วยเหลือง	15	30
อื่น ๆ	-	-
3. ท่านไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ เพราะเหตุใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ไม่คุ้นเคย	3	6
กลิ่นรสไม่พึงประสงค์ เช่น มีกลิ่นถ้วยเหลือง	7	14
รสชาติไม่เป็นที่ชื่นชอบ	3	6
อื่น ๆ	-	-
4. หากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมน้ำชาคาโมมายล์มีวางจำหน่ายในราคาขวดละ 25 บาท (150 มิลลิลิตร) ท่านยินดีจะซื้อหรือไม่		
ซื้อ	38	76
ไม่ซื้อ	7	14
ไม่แน่ใจ	5	10

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราส่วนโยเกิร์ตถ้วยเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถ้วยเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ พบว่า โยเกิร์ตพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร มีลักษณะเป็นของเหลวข้นมีสีครีมอ่อน มีกลิ่นหมักเฉพาะตัวของถ้วยเหลืองและหัวเชื้อ มีรสชาติเปรี้ยวอมหวานจากรสชาติของเนื้อโยเกิร์ตถ้วยเหลืองและน้ำชาคาโมมายล์ โดยที่ระดับอัตราส่วนโยเกิร์ตถ้วยเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์ 70 : 30 มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าความพอดีด้านคุณลักษณะสี รสหวาน

เนื้อสัมผัสด้านความเนียน และความข้นหนืด อีกทั้งการยอมรับผลิตภัณฑ์ของสูตรนี้สูงถึงร้อยละ 80 โดยให้เหตุผลหลักว่ามีรสชาติแปลกใหม่ อร่อยและดื่มง่าย ดังนั้นการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ ที่อัตราส่วนโยเกิร์ตถั่วเหลือง : น้ำชาคาโมมายล์ 70 : 30 จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาต่อในการพัฒนาปรับปรุงหรือจัดกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองพร้อมดื่มผสมชาคาโมมายล์ เพื่อเพิ่มการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาต่อในการพัฒนาโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากนมถั่วชนิดอื่น ๆ เช่น นมอัลมอนด์ นมข้าวโอ๊ต หรือนมพิสตาชิโอ เพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ให้แก่ผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช มณีรัตน์. (2553). การเปรียบเทียบคุณภาพของการผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมแพะผสมน้ำนมโค. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ณัฐินี อนันตโชค. (2559, 15 มิถุนายน). ดอกคาโมมายล์ บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน. [pharmacy.mahidol. https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/321](https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/321)
- ศุภลักษณ์ สารพันธ์ และสุมาพร เพาะผล. (2549). ศึกษาปริมาณสละที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต [ปริญญาานิพนธ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.
- สิริพันธ์ จุลรังคะ. (2555). เครื่องดื่มในงานบริการ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Fasogbon, B. M., Gbadamosi, S. O. & Taiwo, K. A. (2013). Studies on the chemical and sensory properties of jam from osmotically dehydrated pineapple slices. *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(4), 1327-1335.
- Fournier, J. C., DeRubeis, R. J., Shelton, R. C., Hollon, S. D., Amsterdam, J. D., & Gallop, R. (2009). Prediction of response to medication and cognitive therapy in the treatment of moderate to severe depression. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 77(4), 775-787.
- Gardiner P. (1999). Chamomile (*Matricaria recutita*, *Anthemis nobilis*). *Longwood Herbal Task Force*, 30, 2-21. <http://www.mcp.edu/herbal/default.htm>
- Kushikata, T., Fang J., Wang Y., & Krueger J. M. (1998). Epidermal growth factor enhances spontaneous sleep in rabbits. *American Journal of Physiology*, 275(2), 509-514.
- Nicolas, L., Marquilly, C. & O'Mahony, M. (2010). The 9-point hedonic scale: are words and numbers compatible. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1008-1015.
- Scalabrini, P., Rossi, M., Spettoli, P., & Matteuzzi, D. (1998). Characterization of Bifidobacterium strains for use in soymilk fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 39, 213-219.



- Singh, O., Khanam, Z., Misra, N., & Srivastava, M. K. (2011). Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). An overview. *Pharmacognosy Reviews*, 5(9), 82-95.
- Smith, K. J., & Huyser, W. (1987). World distribution and significance of soybean. In J. R. Wilcox (Ed.), *Soybeans: improvement, production, and uses* (pp. 23-48). Agronomy.

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยกระบวนการทางเอนไซม์ OPTIMUM CONDITIONS FOR ISOMALTO-OLIGOSACCHARIDE PRODUCTION BY ENZYMATIC PROCESS

อนันต์ บุญปาน^{1*}, พวงเพชร นิธยานนท์², เพ็ญขวัญ ชมปรีดา³, ยุทธชัย เพชรรัตน์ไพศาล⁴
Anan Boonpan^{1*}, Puangpetch Nitayanont², Penkwan Chompreeda³,
Yutthachai Phetcharatphaisan⁴

^{1,2,3} คณะการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2,3} Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

⁴ บริษัท พีแซท คัสสัน (ประเทศไทย) จำกัด

⁴ PZ Cussons (Thailand) Co.,LTD.

*Corresponding author, E-mail: ananboon@pim.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จะใช้น้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงที่ได้จากการย่อยแป้งมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์เป็นสารตั้งต้นในการผลิต สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูง คือการใช้เอนไซม์ทรานสกลูโคซิเดส (EC 3.2.1.20) จากเชื้อรา *Aspergillus niger* (1,000 หน่วย/มิลลิลิตร) ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) พีเอช 5.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 10 ลิตร โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม และบ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จะสามารถผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย พาโนส มอลโตไตรโอส และไอโซมอลโตไตรโอสความเข้มข้น 19.59, 5.12 และ 17.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยการใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พรีไบโอติกที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ นอกจากนี้ข้อมูลจากงานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ: ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์, พรีไบโอติก, เอนไซม์จากจุลินทรีย์

ABSTRACT

High maltose syrup from enzymatic liquefaction of cassava starch was used as substrate for isomalto-oligosaccharide (IMOs) production. The optimum conditions for IMOs production from high maltose syrup were 0.1% (W/V) transglucosidase (EC 3.2.1.20) from *Aspergillus niger* (1,000 U/ml), pH 5.0 and incubated at 50 °C. Production of IMOs in 10 litres bioreactor was conducted under optimum conditions for 24 hours, the obtained IMOs containing panose, maltotriose and isomaltotriose of 19.59, 5.12 and 17.12%, respectively. IMOs production from cassava starch by microbial enzyme hydrolysis results in prebiotic

substance that could be used in different food products which is good for human health. In addition, the results from this research are useful for further industrial development of IMOs production.

Keywords: Isomalto-oligosaccharide, Prebiotic, Microbial enzyme

บทนำ

โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) เป็นน้ำตาลหลายโมเลกุล เป็นสารเติมแต่งในอาหารที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้โอลิโกแซ็กคาไรด์ ได้แก่ เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และขนมหวานชนิดต่าง ๆ โอลิโกแซ็กคาไรด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารทั้งทางเคมีและกายภาพ เป็นสารให้ความหวานที่ช่วยป้องกันฟันผุ ให้พลังงานต่ำ เนื่องจากไม่ถูกย่อยในร่างกายของมนุษย์ มีสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) คือ ช่วยเสริมสร้างสภาวะแวดล้อมที่ดีของระบบทางเดินอาหาร และช่วยเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์บีฟิโดแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่มีประโยชน์ในลำไส้ ผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของโอลิโกแซ็กคาไรด์ ได้แก่ กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (galacto-oligosaccharide) แลคทูโลส (lactulose) แลคโตซูโครส (lactosucrose) มอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (malto-oligosaccharide) ฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (fructo-oligosaccharide) และไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (isomalto-oligosaccharides, IMOs) เป็นต้น (สารโรจน์ ศิริตันสนียกุล, 2547)

ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ เป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีหน่วยย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,6 กลูโคซิดิก (α -D-1,6 glucosidic linkages) ประกอบด้วยน้ำตาลไอโซมอลโตส (isomaltose) พาโนส (panose) ไอโซมอลโตไตรออส (isomaltotriose) และโอลิโก แซ็กคาไรด์ที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้านชนิดอื่น ๆ เป็นต้น (Shetty & Lantero, 1999) ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบประเภทแป้งชนิดต่าง ๆ โดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase) เบตาอะไมเลส (β -amylase) มอลโตจีเนส (maltogenase) พุลลูลาเนส (pullulanase) และทรานสกลูโคซิเดส (transglucosidase) เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เบตาอะไมเลส มอลโตจีเนส และพุลลูลาเนส จะย่อยแป้งจนได้เป็นน้ำตาลมอลโตส ส่วนเอนไซม์ทรานสกลูโคซิเดสจะช่วยเร่งปฏิกิริยาทรานสกลูโคซิเลชัน (transglucosylation) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Kuriki et al., 1993)

ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ไม่ถูกย่อยสลายในร่างกายสิ่งมีชีวิต จึงเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำและไม่มีผลต่ออินซูลินในเลือด เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับบุคคลที่ต้องการลดน้ำหนักและเป็นโรคเบาหวาน การบริโภคไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จะไม่ทำให้เกิดฟันผุ เนื่องจากจุลินทรีย์ในช่องปากไม่สามารถใช้ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นอาหาร นอกจากนี้ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ยังจัดเป็นสารพรีไบโอติก โดยจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจ และมีแนวโน้มจะถูกนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด มีคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น มีความหนืดต่ำ ไม่เกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ และมีความคงตัวสูงในสภาวะที่เป็นกรด (Shetty & Lantero, 1999) การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ สามารถใช้แหล่งวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก หาได้ง่าย และราคาถูก เช่น แป้งมันสำปะหลัง ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแป้งมันสำปะหลังด้วยกระบวนการทางเอนไซม์ จึงมี

ความน่าสนใจและควรสนับสนุนให้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ขึ้นในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของแป้งมันสำปะหลังให้เป็นผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงขึ้น

ทบทวนวรรณกรรม

พรีไบโอติก (prebiotic) เป็นสารประกอบพอลิโกลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) ซึ่งเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายและถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร มีผลช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มโปรไบโอติก (probiotic) ในลำไส้ใหญ่ สารที่สามารถจัดเป็นพรีไบโอติกได้นั้นจะต้องมีคุณสมบัติคือ สารนั้นจะไม่ถูกย่อยด้วยกรดในกระเพาะอาหาร ไม่ถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก สามารถเคลื่อนที่ไปถึงลำไส้ใหญ่ในสภาพที่สมบูรณ์ สามารถที่จะเกิดการหมักในลำไส้ใหญ่โดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เช่น *Bifidobacteria* sp. และ *Lactobacillus* sp. อีกทั้งส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร และไม่ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค (Gibson & Roberfoid, 1995)

ไอโซมอลโตโกลิโกแซ็กคาไรด์ (Isomalto-oligosaccharides, IMOs) จัดเป็นพรีไบโอติกชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างเป็นน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,6 กลูโคซิดิก (α -D-1,6 glucosidic linkages) ประกอบด้วยน้ำตาลไอโซมอลโตส (isomaltose) พาโนส (panose) ไอโซมอลโตไตรออส (isomaltotriose) การผลิต IMOs สามารถใช้วัตถุดิบได้หลายประเภท เช่น แป้ง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำเชื่อมมอลโตส (Lin et al., 2011) กระบวนการผลิตไอโซมอลโตโกลิโกแซ็กคาไรด์จะเริ่มจากการย่อยแป้งครั้งแรก (liquefaction) ให้เป็นมอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrins) ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase) จากนั้นทำการการย่อยแป้งขั้นสุดท้าย (saccharification) ด้วยเอนไซม์เบตาอะไมเลส (β -amylase) มอลโตจินเนส (maltogenase) หรือพูลลูลานเนส (pullulanase) จนได้น้ำเชื่อมมอลโตสที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรสที่ได้หลังจากการย่อยอยู่ที่ 60 จากนั้นนำมาทำให้บริสุทธิ์ (refining) ด้วยการกรองและผ่านเรซินแลกเปลี่ยนประจุ (ion-exchange resin) นำน้ำเชื่อมที่ได้ไปต้มระเหยน้ำออกไปภายใต้สุญญากาศจนกระทั่งความเข้มข้นของของแข็งเป็น 80 เปอร์เซ็นต์จึงได้เป็นน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูง (פקตร์ประไพ ประจำเมือง, 2546) จากนั้นเติมเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส (transglucosidase) เพื่อเร่งปฏิกิริยาทรานกลูโคซิเลชัน (transglucosylation) จะทำให้ได้เป็น IMOs (Kuriki et al., 1993)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต IMOs จะเป็นการศึกษาชนิดของวัตถุดิบและเอนไซม์ที่ทำให้ผลิต IMOs ได้ปริมาณสูง เช่น การใช้เอนไซม์แอลฟาทรานกลูโคซิเดสจากยีสต์ในการเร่งปฏิกิริยาทรานกลูโคซิเลชัน น้ำตาลมอลโตสจะได้ IMOs 53.80 กรัมต่อลิตร (Fernandez-Arrojo et al., 2007) การใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบและใช้เอนไซม์นีโอพูลลูลานเนส (neopullulanase) ร่วมกับเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในการเร่งปฏิกิริยาเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะได้ IMOs 59.2 เปอร์เซ็นต์ (Lin et al., 2011) การใช้แป้งกล้วยเป็นวัตถุดิบและใช้เอนไซม์ทางการค้า Termamyl SC และ Fungamyl 800 L ร่วมกับทรานกลูโคซิเดสในการเร่งปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ IMOs 76.67 กรัมต่อลิตร และเมื่อเปลี่ยนเอนไซม์ Fungamyl 800 L เป็นเอนไซม์เบตาอะไมเลสจากข้าวบาร์เลย์จะได้ IMOs 70.74 กรัมต่อลิตร (Chockchaisawasdee & Poosaran, 2013) การใช้เอนไซม์พูลลูลานเนส แอลฟาอะไมเลส เบตาอะไมเลส และแอลฟาทรานกลูโคซิเดสในการผลิต IMOs จากแป้ง โดยใช้เอนไซม์ทั้ง 4 ชนิดรวมกันในการเร่งปฏิกิริยาครั้งเดียว (enzyme cocktail) เป็นเวลา 13 ชั่วโมง จะได้ IMOs 49.09 เปอร์เซ็นต์ (Niu et al., 2017) การใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เบตาอะไมเลส

พุลูลานีส และทรานกลูโคซิเดสในการผลิต IMOs จากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง จะได้ปริมาณ IMOs 169.1, 106.4 และ 97.9 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Saman et al.,2019)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยกระบวนการทางเอนไซม์
2. เพื่อศึกษาการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในถังปฏิกรณ์ชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงจากแป้งมันสำปะหลัง

เตรียมน้ำเชื่อมละลายน้ำแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก นำสารละลายน้ำแป้งมาปรับพีเอช 6.5 เติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (จากแบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* ของบริษัท Novozymes) ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) (1,322.92 หน่วย) บ่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จนได้น้ำเชื่อมที่ประกอบด้วยมอลโตไตรออส (maltotriose) และเดกซ์ตริน (dextrin) ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent, DE) เท่ากับ 12 นำน้ำเชื่อมที่ได้มาปรับพีเอช 5.0 เติมเอนไซม์ เบตาอะไมเลส ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) (1,697.60 หน่วย) ร่วมกับ เอนไซม์มอลโตจินเนส ความเข้มข้น 0.13 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) (416 หน่วย) บ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้น้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลมอลโตส 58.08 เปอร์เซ็นต์ (ยุทธชัย เพชรรัตน์ไพศาล และคณะ, 2557)

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์

นำน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิต ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ตัวแปรที่สนใจคือปริมาณเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส (0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร) พีเอช (5.0 6.0 และ 7.0) และอุณหภูมิ (50 60 และ 70 องศาเซลเซียส) โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคตอเรียล 3 ปัจจัย (ปริมาณเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส พีเอช และอุณหภูมิ) ปัจจัยละ 3 ระดับ จะได้สภาวะการทดลองจำนวน 27 ชุด นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง เลือกสภาวะที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3. การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์แบบเบ็ดเสร็จ (batch production)

เตรียมน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงและเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสปริมาตร 8 ลิตร ทำการผลิตในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 10 ลิตร โดยมีการควบคุมสภาวะในการทำปฏิกิริยาให้เหมาะสม เก็บตัวอย่างเป็นช่วง ๆ ตลอดการทำปฏิกิริยา เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

4. วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง 27 ชุด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์และหาค่าทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance,

ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple rang test (DMRT) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จะใช้เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสในการเร่งปฏิกิริยาทรานกลูโคซิเลชันในน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูง โดยแปรผันปริมาณเอนไซม์ที่ 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร พีเอช 5-7 และอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส พีเอช และอุณหภูมิ จะมีผลต่อปริมาณไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ คือ พาโนสมอลโตไตรออส และไอโซมอลโตไตรออส การใช้สภาวะที่พีเอช และอุณหภูมิไม่เหมาะสม จะส่งผลให้ปริมาณไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์เกิดขึ้นน้อย เนื่องจากสภาวะอาจจะไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์คือ การใช้เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 5.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จะมีปริมาณองค์ประกอบของไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) กับการใช้เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 5.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นการใช้เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ โดยจะได้พาโนสมอลโตไตรออส และไอโซมอลโตไตรออส เท่ากับ 18.27, 3.16 และ 15.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และได้ผลได้ของไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ 0.36 อัตราการผลิต เท่ากับ 15.27 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 2

จากผลการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้จะแตกต่างจากงานวิจัยอื่น เนื่องจากวัตถุดิบ ชนิดของเอนไซม์ สภาวะที่ใช้ในการผลิต และกระบวนการผลิตมีความแตกต่างกันโดยจะมีการใช้วัตถุดิบต่างๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งกล้วย มาผลิตน้ำตาลมอลโตสโดยใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งจากแหล่งต่าง ๆ เช่น เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจากแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* B. amyloliquefaciences หรือเชื้อรา *Aspergillus oryzae* สำหรับการย่อยแป้งครั้งแรก (liquefaction) เพื่อลดความหนืดของแป้งเริ่มต้นและทำให้แป้งมีโมเลกุลเล็กลง เอนไซม์นีโอพูลูลานเนสจากแบคทีเรีย *B. acidopullulyticus* หรือ *B. neganoensis* เอนไซม์เบตาอะไมเลสจากข้าวบาร์เลย์ หรือเชื้อรา *A. niger* และเอนไซม์มอลโตจินเนสจากแบคทีเรีย *Bacillus stearothermophilus* สำหรับการย่อยแป้งขั้นสุดท้าย (saccharification) ให้ได้น้ำตาลมอลโตส หลังจากนั้นจะเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนน้ำตาลมอลโตสให้เป็นไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยเอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากเชื้อรา *A. niger* แบคทีเรีย *B. stearothermophilus* ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Xanthophyllomyces dendrorhous* โดยจะได้ปริมาณไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย พาโนสมอลโตไตรออส และไอโซมอลโตไตรออสในช่วง 7.0-60.0 เปอร์เซ็นต์ (Fernandez-Arrojo et al., 2007; Lin et al., 2011; Chockchaisawasdee & Poosaran, 2013; Niu et al., 2017; Saman et al., 2019)

ตารางที่ 1: การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สภาวะต่าง ๆ ทำการบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ปริมาณ เอนไซม์ TG ² (เปอร์เซ็นต์)	พีเอช	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (เปอร์เซ็นต์) ¹			
			ฟานอส	มอลโตไตรออส	ไอโซ มอลโตไตรออส	ไอโซมอลโต โอลิโกแซ็กคาไรด์
0.1	5	50	18.27±0.25 ^a	3.16±0.60 ^a	15.22±0.47 ^a	36.65±0.44 ^a
0.1	5	60	17.23±0.20 ^b	2.68±0.33 ^b	14.67±0.40 ^b	34.58±0.31 ^b
0.1	5	70	16.33±0.31 ^c	1.80±0.54 ^c	13.17±0.57 ^c	31.30±0.47 ^c
0.1	6	50	17.10±0.39 ^b	2.58±0.51 ^b	14.33±0.49 ^b	34.01±0.46 ^b
0.1	6	60	15.50±0.27 ^d	1.68±0.48 ^d	12.10±0.37 ^d	29.28±0.37 ^d
0.1	6	70	15.33±0.35 ^d	1.52±0.38 ^d	12.40±0.51 ^d	29.25±0.41 ^d
0.1	7	50	13.50±0.51 ^e	0.82±0.59 ^e	10.67±0.54 ^e	24.99±0.55 ^e
0.1	7	60	13.37±0.62 ^e	0.79±0.50 ^e	10.53±0.65 ^e	24.69±0.59 ^e
0.1	7	70	10.31±0.44 ^f	0.31±0.65 ^f	9.50±0.46 ^f	20.12±0.52 ^f
0.2	5	50	18.50±0.20 ^a	3.02±0.41 ^a	15.01±0.50 ^a	36.53±0.37 ^a
0.2	5	60	17.17±0.35 ^b	2.78±0.39 ^b	14.83±0.42 ^b	34.78±0.39 ^b
0.2	5	70	16.67±0.47 ^c	1.92±0.58 ^c	13.33±0.62 ^c	31.92±0.56 ^c
0.2	6	50	17.40±0.49 ^b	2.65±0.66 ^b	14.70±0.57 ^b	34.75±0.57 ^b
0.2	6	60	14.83±0.30 ^d	1.62±0.41 ^d	12.09±0.35 ^d	28.54±0.35 ^d
0.2	6	70	14.67±0.50 ^d	1.60±0.48 ^d	12.50±0.40 ^d	28.77±0.46 ^d
0.2	7	50	13.17±0.26 ^e	0.85±0.35 ^e	10.83±0.53 ^e	24.85±0.38 ^e
0.2	7	60	13.51±0.45 ^e	0.72±0.57 ^e	10.77±0.60 ^e	25.00±0.54 ^e
0.2	7	70	13.31±0.40 ^e	0.85±0.45 ^e	10.50±0.51 ^e	24.66±0.45 ^e
0.3	5	50	18.41±0.32 ^a	3.17±0.59 ^a	15.30±0.65 ^a	36.88±0.52 ^a
0.3	5	60	17.20±0.38 ^b	2.80±0.49 ^b	14.77±0.67 ^b	34.77±0.51 ^b
0.3	5	70	16.72±0.35 ^c	1.93±0.55 ^c	13.09±0.68 ^c	31.74±0.53 ^c
0.3	6	50	17.29±0.27 ^b	2.83±0.30 ^b	14.73±0.35 ^b	34.85±0.31 ^b
0.3	6	60	14.89±0.37 ^d	1.72±0.49 ^d	12.17±0.46 ^d	28.78±0.44 ^d
0.3	6	70	14.69±0.41 ^d	1.77±0.56 ^d	12.49±0.61 ^d	28.95±0.53 ^d
0.3	7	50	13.20±0.50 ^e	0.90±0.58 ^e	10.33±0.52 ^e	24.43±0.53 ^e
0.3	7	60	13.53±0.39 ^e	0.84±0.67 ^e	10.27±0.69 ^e	24.64±0.58 ^e
0.3	7	70	13.31±0.51 ^e	0.88±0.45 ^e	10.51±0.60 ^e	24.70±0.52 ^e

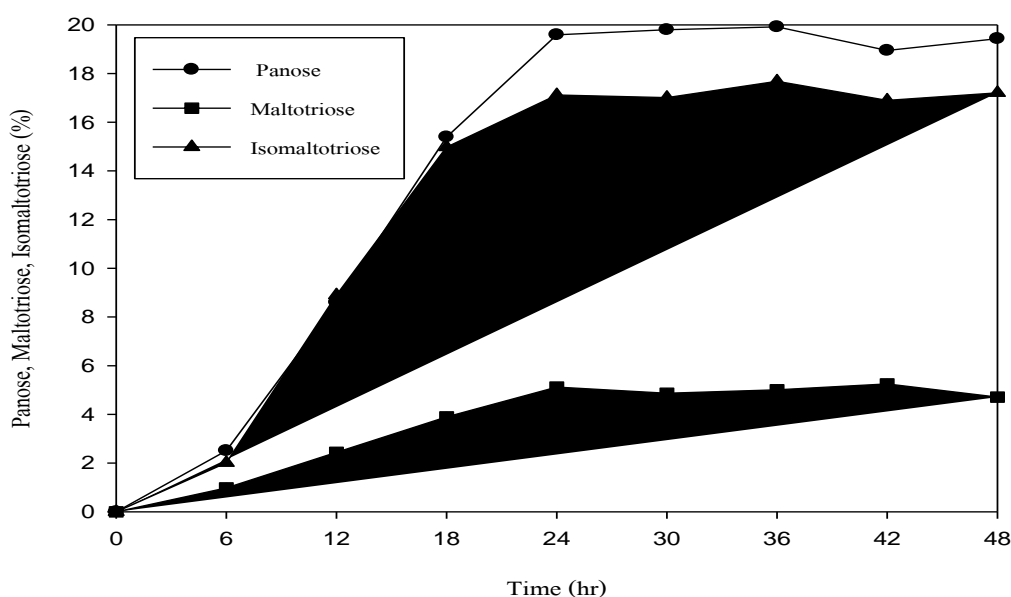
หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05)

² TG คือ เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส (transglucosidase)

ตารางที่ 2: ผลผลิตที่ได้และอัตราการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในระดับปฏิบัติการ

พารามิเตอร์	การผลิตระดับปฏิบัติการ
ผลได้ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Yield, $Y_{p/s}$)	0.36
อัตราการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (กรัม/ลิตร/ชั่วโมง)	15.27

การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์แบบเบ็ดเสร็จในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 10 ลิตร จะเตรียม น้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลมอลโตส 58.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 8 ลิตร สำหรับใช้เป็นสารเริ่มต้นในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จะใช้ เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดสความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 5 และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 200 รอบต่อนาที ทำการป่มเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก ๆ 6 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้น ของพานอส มอลโตไตรโอส และไอโซมอลโตไตรโอส ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 1 จากการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของพานอส มอลโตไตรโอส และไอโซมอลโตไตรโอส จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา เพิ่มขึ้น โดยชั่วโมงที่ 24-48 ปริมาณพานอส มอลโตไตรโอส และไอโซมอลโตไตรโอส จะไม่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ คือ 24 ชั่วโมง ซึ่งจะได้พานอส มอลโตไตรโอส และไอโซมอลโตไตรโอส เท่ากับ 19.59, 5.12 และ 17.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 1: การผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์แบบเบ็ดเสร็จในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ

สรุป

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงที่ได้ จากการย่อยแป้งมันสำปะหลังด้วยกระบวนการทางเอนไซม์ คือ การใช้เอนไซม์ทรานกลูโคซิเดส (EC 3.2.1.20) จากเชื้อรา *Aspergillus niger* (1,000 หน่วย/มิลลิลิตร) ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)

พีเอช 5.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อทำการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 10 ลิตร ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม บ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จะสามารถผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ที่ประกอบด้วย พาโนส มอลโตไตรโอส และไอโซมอลโตไตรโอสความเข้มข้น 19.59, 5.12 และ 17.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- พัทตร์ประไพ ประจำเมือง. (2546). การผลิตกลูโคสไซรัปจากการย่อยกากมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์ใน ถังปฏิกรณ์ชีวภาพระดับโรงงานต้นแบบ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ยุทธชัย เพชรรัตน์ไพศาล, อนันต์ บุญปาน, และ สิริแข พงษ์สวัสดิ์. (2557). การผลิตน้ำเชื่อมมอลโตสความเข้มข้นสูงด้วยกระบวนการทางเอนไซม์. ใน การบูรณาการงานวิจัยไทยเชื่อมโยงกับเครือข่ายสังคม เอเชีย. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 3 (น. 435-444).
- สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล. (2547). เทคโนโลยีชีวภาพอาหาร การหมัก และสิ่งแวดล้อม. ภาควิชา เทคโนโลยีชีวภาพอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chockchaisawasdee, S. & Poosaran, N. (2013). Production of isomaltooligosaccharides from banana flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 180-186.
- Fernandez-Arrojo, L., Marín, D., De Segura, A.G., Linde, D., Alcalde, M., Gutierrez-Alonso P., Ghazi, I., Plou, F.J., Fernandez-Lobato, M., & Ballesteros, A. (2007). Transformation of maltose into prebiotic isomaltooligosaccharides by a novel α -glucosidase from *Xanthophyllomyces dendrorhous*. *Process Biochemistry*, 42, 1530-1536.
- Gibson, G.R., & Roberfoid, M.B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401-1412.
- Kuriki, T., Yanase, M., Takata, H., Takesada, Y., Imanaka, T., & Okada, S. (1993). A new way of producing isomalto-oligosaccharide syrup by using the transglycosylation reaction of neopullulanase. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(4), 953-959.
- Lin, Q., Xiao, H., Zhao, J., Li, L., Yu, F., Liu, X., & Cheng, X. (2011). Production of isomalto-oligosaccharide syrup from rice starch using an one-step conversion method. *Journal of Food Technology*, 46(6), 1194-1200.
- Niu, D., Qiao, J., Li, P., Tian, K., Liu, X., Singh, S., & Lu, F. (2017). Highly efficient enzymatic preparation of isomalto-oligosaccharides from starch using an enzyme cocktail. *Electronic Journal of Biotechnology*, 26, 46-51.
- Saman, P., Kuantha, C., Chaionkarn, A., Moonmangmee, S., & Fungsin, B. (2019). Isomalto-oligosaccharides production from rice flour and cassava starch. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*, 5(Spcl.), 188-192.
- Shetty, J. K., & Lantero, O. J. (1999). *Transglucosylation of malto-oligosaccharides: Process for producing isomalto-oligosaccharides, new class of oligosaccharides*. Genencor international.