ผลของสารสกัดจากแก่นฝาง ชาเขียว และเปลือกมังคุดต่อการลดปริมาณแบคทีเรีย และการชะลออัตราการย่อยแป้งในผลิตภัณฑ์ขนมจีน

จุฬาลักษณ์ ไล่คง ชุติมณฑน์ ผาดแผ้ว นวลละออ รัตนวิมานวงศ์ เกรียงศักดิ์ ส่งศรีโรจน์ และสุเชาวน์ ดอนพุดซา*

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วัฒนา กรุงเทพฯ 10110

*E-mail: suchao@g.swu.ac.th

รับบทความ: 30 มกราคม 2564 แก้ไขบทความ: 4 มิถุนายน 2564 ยอมรับตีพิมพ์: 16 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

สารสกัดสมุนไพรจากแก่นฝาง ชาเขียว และเปลือกมังคุดถูกใช้เป็นส่วนผสมในเส้นขนมจีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียในเส้นขนมจีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งช่วยชะลออัตราการย่อยแป้งไปเป็นน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด โดยนำสารที่สกัดได้จากแก่นฝาง ชาเขียว และเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มาผสมกับแป้งขนมจีน และนำไปขึ้นรูปเป็นเส้นขนมจีน จากนั้นนำเส้นขนมจีนที่ได้ไปหาปริมาณแบคทีเรียที่พบ ณ เวลาต่าง ๆ เทียบกับขนมจีนที่ไม่ผสมสารสกัด รวมทั้งนำเส้นขนมจีนที่ได้มาจำลองระบบการย่อยอาหารของระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ในหลอดทดลอง เพื่อตรวจวัดปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยเส้นขนมจีน ณ เวลาต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่า ขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรแก่น-ฝาง ชาเขียว และเปลือกมังคุดสามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีนได้ โดยขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากชาเขียวสามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียในขนมจีนได้ดีกว่าขนมจีนที่ผสมสารสกัดชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่า ขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรแก่นฝางและเปลือกมังคุดต้องใช้ปริมาณสารสกัดค่อนข้างสูงเพื่อชะลออัตราการย่อยเส้นขนมจีนไปเป็นน้ำตาล อย่างไรก็ตามความสามารถในการชะลออัตราการย่อยเส้นขนมจีนไปเป็นน้ำตาลอยู่ได้ไม่เกิน 60 นาที แต่ขนมจีนผสมสารสกัดชาเขียวให้ผลทดสอบดีกว่าขนมจีนผสมสารสกัดแก่นฝางและเปลือกมังคุด โดยสามารถลดอัตราการย่อยแป้งในหลอดทดลองได้ถึง 180 นาที หากเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียวให้สูงขึ้น ประสิทธิภาพในการลดอัตราการย่อยแป้งในหลอดทดลองจะสูงขึ้น การใช้สารสกัดจากสมุนไพรโดยเฉพาะแก่นฝาง ชาเขียว และเปลือกมังคุดในขนมจีนจึงมีความเป็นไปได้ที่ใช้ในการชะลออัตราการเจริญของแบคทีเรียในเส้นขนมจีน รวมทั้งช่วยควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือดจากการย่อยเส้นขนมจีนไปเป็นน้ำตาลของผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน

คำสำคัญ: ขนมจีน แก่นฝาง ชาเขียว เปลือกมังคุด การเจริญของแบคทีเรีย อัตราการย่อยแป้ง

Effect of Extracts from Sappan Core, Green Tea, and Mangosteen Peel on Reduction of the Amount of Bacteria and Retardation of the Starch Digestion Rate in Rice Noodles

Julalux Laikhong, Chutimon Phatphaeo, Nuanlaor Ratanawimarnwong, Kriangsak Songsrirote and Suchao Donpudsa*

Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok 10110, Thailand

*E-mail: suchao@g.swu.ac.th

Received: 30 January 2021 Revised: 4 June 2021 Accepted: 16 June 2021

Abstract

Herbal extracts from sappan core, green tea and mangosteen peel were used as an ingredient in rice noodles to reduce the amount of bacteria and increase the shelf–life. They also helped to slow down the rate of starch digestion, which is important for those who want to control the amount of sugar in their blood. The test process started with mixing the substances extracted from sappan core, green tea, and mangosteen peel at different concentrations with rice flour and then using these mixtures to make rice noodles. Experiments were then performed to find the amount of bacteria at different times compared to the rice noodles without the herbal extracts. In addition, tests were performed in a test tube to simulate the digestive system of the human intestines to measure the amount of reduced sugar at different times, and it was found that the rice noodles mixed with herbal extracts from sappan core, green tea, and mangosteen peel could directly reduce the amount of bacteria. However, the rice noodles mixed with the extract from green tea showed the best results for slowing down the growth rate of bacteria compared to mixing with other extracts. In addition, the herbal extracts from sappan core, green tea, and mangosteen peel also helped to slow down the rate of starch digestion. The rice noodles mixed with sappan core and mangosteen peel at high concentration could slow down the rate of digestion of the rice noodles to sugars to around 60 minutes, but green tea extract provided a better result at 180 minutes according to the test tube results. These results showed that the higher the concentration of green tea extract used, the higher the reducing rate in starch digestion. Therefore, the use of herbal extracts, especially sappan core, green tea, and mangosteen peel, in rice noodles is one possible way to slow

down the growth of bacteria as well as to control the amount of sugar in the blood from the digestion of rice noodles, which is important for people at risk of diabetes.

Keywords: Rice noodles, Sappan core, Green tea, Mangosteen peel, Bacterial growth, Rate of starch digestion

บทนำ

ขนมจีนเป็นอาหารพื้นบ้านยอดนิยมอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งคนไทยนิยมบริโภคทั่วทุกภูมิภาคทุกท้องถิ่น โดยขนมจีนทำมาจากแป้งข้าว ซึ่งนำมาขึ้นรูปเป็นเส้นด้วยภูมิปัญญาพื้นบ้าน วิธีการทำและผลิตขนมจีนมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ ขนมจีนแบบแป้งหมัก และขนมจีนแบบแป้งสด อย่างไรก็ตามการที่ขนมจีนมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้แบคทีเรียต่าง ๆ สามารถเจริญได้ดี ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย โดยขนมจีนแบบแป้งสดสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 1 วัน ขณะที่ขนมจีนแบบแป้งหมักสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 5 วัน (Dongsongkram *et al*., 2019) ดังนั้นสถานที่ผลิตขนมจีนส่วนใหญ่จึงนิยมเติมวัตถุกันเสีย เช่น กรดเบนโซอิก ซึ่งเป็นวัตถุกันเสียที่มีราคาถูก และหาได้ง่าย เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาในการรอจำหน่ายให้ยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้กรดเบนโซอิกในขนมจีน ยังไม่มีระบบในการควบคุมการใช้วัตถุกันเสียทั้งในขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนควบคุมการตรวจสอบคุณภาพก่อนส่งจำหน่ายต่อผู้บริโภค (Ngokpilai *et al*., 2012) ดังนั้นถ้ามีการเติมกรดเบนโซอิกที่มากเกินไป ก็อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพผู้บริโภคเช่นกัน ทำให้วัตถุกันเสียที่ได้มาจากธรรมชาติค่อนข้างได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะสารสกัดที่ได้มาจากพืชและสมุนไพร (Juneja *et al*., 2012; No *et al*., 2007) โดยก่อนหน้านี้มีรายงานถึงฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพจากสารสกัดจากพืชหลายชนิด เช่น สารสกัดจากแก่นฝาง (Srinivasan *et al*., 2012) ชาเขียว (Reygaert, 2014) เปลือกมังคุด (Taokaew *et al*., 2018)

นอกจากปัญหาเรื่องการเน่าเสียของขนมจีนแล้ว อีกปัญหาที่พบคือ ปัญหาการบริโภคขนมจีนของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งโรคเบาหวานเกิดจากภาวะที่ร่างกายมีระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่าปกติ ซึ่งกลูโคสส่วนใหญ่ที่พบได้มาจากอาหารที่รับประทาน โดยเฉพาะอาหารประเภทแป้งและน้ำตาล ถึงแม้ว่าการเพิ่มขึ้นของกลูโคสในเลือดมีกลไกที่ค่อนข้างซับซ้อน แต่ขั้นตอนที่ทำให้มีการผลิตและเพิ่มปริมาณของกลูโคสที่รวดเร็ว ส่วนหนึ่งเกิดจากการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลโดยเอนไซม์ในกลุ่ม hydrolase (Goñi *et al*., 1997) ตัวอย่างของเอนไซม์กลุ่มนี้ที่พบในระบบย่อยอาหาร เช่น α–amylase และ α–glucosidase (Tundis *et al*., 2010) โดยมีรายงานว่าอาหารประเภทก๋วยเตี๋ยวสามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ starch hydrolase และทำให้มีปริมาณกลูโคสในเลือดสูงขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (Brand–Miller *et al*., 2009) ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมการทำงานของเอนไซม์กลุ่มนี้ได้ ก็ย่อมส่งผลต่อการควบคุมปริมาณกลูโคสในเลือดให้อยู่ในระดับปกติได้เช่นกัน (Hu *et al*., 2016; Sun *et al*., 2011, 2016) โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของ starch hydrolase จากสารสกัดจากพืชหลายชนิด เช่น สารสกัดจากแก่นฝาง (Chalo-

pagorn and Klomsakul, 2017) ชาเขียว (Miao *et al*., 2015) เปลือกมังคุด (Ibrahim *et al*., 2019) ซึ่งสารสกัดเหล่านี้สามารถยับยั้งการทำงานของ α–amylase และ α–glucosidase ได้

จากปัญหาการเน่าเสียของขนมจีนเนื่องจากการเจริญของแบคทีเรียและปัญหาภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเนื่องจากการบริโภคขนมจีนข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาฤทธิ์ของสมุนไพรต่าง ๆ เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมของขนมจีน เพื่อทำให้อัตราการย่อยแป้งขนมจีนไปเป็นน้ำตาลลดลง รวมทั้งทำให้ปริมาณของแบคทีเรียที่พบในขนมจีนมีปริมาณที่น้อยลง โดยการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากแก่นฝาง เปลือกมังคุด และชาเขียวมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และสามารถยับยั้งการทำงานของ α–amylase ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิดนี้มาผสมกับขนมจีน จากนั้นจึงศึกษาปริมาณของแบคทีเรียที่พบในขนมจีนที่ผสมด้วยสารสกัดทั้ง 3 ชนิดนี้ รวมทั้งศึกษาความสามารถในการย่อยแป้งขนมจีนทั้ง 3 ชนิดนี้ไปเป็นน้ำตาลจากการจำลองระบบการย่อยอาหารในหลอดทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาขนมจีนเพื่อสุขภาพต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดจากแก่นฝาง เปลือกมังคุด หรือชาเขียว

นำผงบดละเอียดสำเร็จรูปของแก่นฝาง เปลือกมังคุด และชาเขียว มาสกัดในอัตราส่วน 1 กรัมของพืช ต่อ 1 มิลลิลิตร ของสารละลายเอทานอล จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายโดยใช้ rotary evaporator

การเตรียมขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากแก่นฝาง เปลือกมังคุด หรือชาเขียว

เตรียมขนมจีนที่ผสมสารสกัดต่าง ๆ โดยดัดแปลงวิธีการทำขนมจีนจากเว็บไซต์ของ ThaiPBS (2016) โดยเริ่มจากการผสมแป้งข้าวเจ้า 95 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม ตามด้วยน้ำเปล่า 70 มิลลิลิตร ผสมแป้งให้เข้ากัน ปั้นแป้งเป็นก้อน จากนั้นนึ่งแป้งเป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงเติมสารสกัด (แก่นฝาง เปลือกมังคุด หรือชาเขียว) ปริมาณ 2% โดยมวลต่อน้ำหนักแป้ง 4% โดยมวลต่อน้ำหนักแป้ง หรือ 8% โดยมวลต่อน้ำหนักแป้ง จากนั้นเติมน้ำร้อน 80 มิลลิลิตร นวดให้แป้งขนมจีนเข้ากัน และใส่ลงในเครื่องอัดเพื่อทำให้ขนมจีนเป็นเส้น โดยอัดเส้นลงในน้ำเดือด และนำขนมจีนที่สุกแล้วมาล้างเส้นขนมจีนด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นเก็บเส้นขนมจีนที่ได้ในกล่องพลาสติก

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมจีน

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ได้ดัดแปลงจากวิธีของ Barak *et al*. (2014) และ Jiamjariyatam *et al*. (2015) ตรวจวัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT Express, UK) ค่าที่วัด ได้แก่ hardness chewiness และ adhesiveness โดยมีการตั้งค่าดังนี้ ใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และความเร็วในการทดสอบ 1.0 มิลลิเมตร/วินาที โดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับแต่ละตัวอย่าง

การทดสอบหาปริมาณของแบคทีเรียในขนมจีนที่ผสมสารสกัดแก่นฝาง เปลือกมังคุด หรือชาเขียว ณ เวลาต่าง ๆ

การหาปริมาณของแบคทีเรียในขนมจีน ใช้วิธีดัดแปลงจาก Suphim *et al.* (2017) โดยนำขนมจีนที่ผสมสารสกัดแก่นฝาง เปลือกมังคุด หรือชาเขียวที่เก็บอยู่ในกล่องพลาสติกมา 5 บริเวณของกล่องพลาสติก นั่นคือ บริเวณมุมทั้ง 4 ของกล่อง และบริเวณตรงกลางของกล่องพลาสติก ณ เวลาต่าง ๆ ดังนี้ 12 24 และ 36 ชั่วโมง ตำแหน่งละ 0.1 กรัม ใส่ใน microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร และบดขนมจีนให้ละเอียดด้วยแท่งแก้วบดเนื้อเยื่อ จากนั้นจึงนำไปเพาะเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Luria–Bertani (LB) เพื่อหาปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีนที่เวลาต่าง ๆ โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่พบ โดยคำนวณปริมาณแบคทีเรียในหน่วย CFU/กรัม ของขนมจีน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยปริมาณแบคทีเรียที่ได้จะนำไปเทียบกับปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีนที่ไม่ได้ผสมสารสกัด

จำลองระบบการย่อยขนมจีนที่ผสมสารสกัดต่าง ๆ ในหลอดทดลอง

การจำลองระบบการย่อยขนมจีนที่ผสมสารกัดต่าง ๆ ในหลอดทดลองทำตามวิธีของ Zhang *et al.* (2017) โดยนำขนมจีนที่ผสมสารสกัดแต่ละชนิดอย่างละ 0.5 กรัม มาบดให้ละเอียด จากนั้นเติม 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.9) ที่มี 0.36 mM $CaCl_2$ ปรับ pH เป็น 1.5 ด้วย 1.0 M HCl และเติม pepsin (3.5 mg, 3200 U/mg) บ่มใน water bath shaker ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และเขย่าที่ความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปรับ pH เป็น 6.9 ด้วย 1.0 M K_2CO_3 เพื่อหยุดการทำงานของ pepsin จากนั้นนำสารทั้งหมดใส่ในถุง dialysis แล้วจึงเติม α–amylase (69 mg, 16 U/mg) ลงไป นำถุง dialysis ที่ปิดผนึกถุงเรียบร้อยแล้ว ไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บสารละลายปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ที่อยู่ภายนอกถุง dialysis ที่เวลา 30 60 90 120 150 และ 180 นาที มาหาปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ และแทนที่บัฟเฟอร์ที่ลดลงไปด้วยบัฟเฟอร์ใหม่ในปริมาตรเดียวกัน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

การหาปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี dinitrosalicylic acid (DNS)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากการย่อยขนมจีนจะถูกตรวจวัดด้วยวิธี DNS (Miller, 1959) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 3,5–ไดไนโตรซาลิไซลิก (dinitrosalicylic acid) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 3 มิลลิลิตร และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร โดยปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์หาได้จากการเทียบกับกราฟมอลโทสมาตรฐาน การทดลองทำทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จะนำไปเทียบกับปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยขนมจีนที่ไม่ได้ผสมสารสกัด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทั้งหมดดำเนินการอย่างน้อยสามซ้ำ และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วย one–way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดย

ใช้โปรแกรม SPSS (เวอร์ชัน 16.0)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในขนมจีนจากสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยเลือกสมุนไพรที่อยู่ในชีวิตประจำวันของคนไทย 3 ชนิด คือ ชาเขียว แก่นฝาง และเปลือกมังคุด เพื่อนำสารสกัดจากสมุนไพรเหล่านี้มาใช้ควบคุมปริมาณแบคทีเรียในระหว่างการเก็บรักษาขนมจีน โดยเริ่มจากสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดด้วยสารละลายเอทานอล จากนั้นระเหยตัวทำละลายให้แห้ง แล้วจึงนำสารสกัดเหล่านี้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มาผสมกับแป้งเพื่อทำเป็นเส้นขนมจีนดังในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ขนมจีนที่ผสมสารสกัด ณ ความเข้มข้นของสารสกัดต่าง ๆ

จากนั้นนำขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส เพื่อหาความแตกต่างระหว่างเส้นขนมจีนที่ผสมสารสกัดและไม่ผสมสารสกัด จากการวิเคราะห์ค่า Adhesiveness Chewiness และ Hardness ไม่พบความแตกต่างของเนื้อสัมผัสระหว่างขนมจีนที่ผสมสารสกัดและขนมจีนปกติที่ไม่ผสมสารสกัด ดังแสดงในตาราง 1

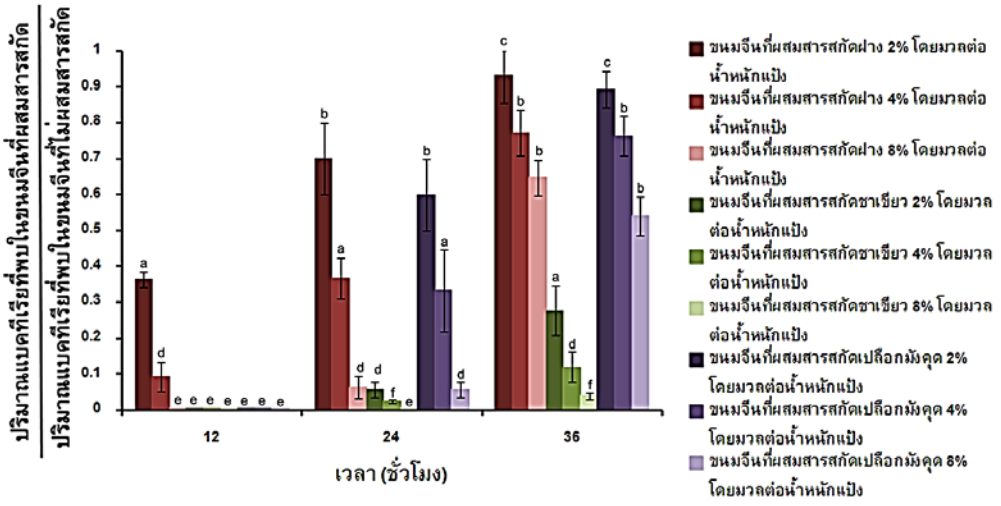
จากนั้นสุ่มเลือกเส้นขนมจีนที่เก็บอยู่ในกล่องพลาสติก ณ เวลาต่าง ๆ มา 5 บริเวณ คือ บริเวณใกล้มุมกล่องพลาสติกทั้ง 4 มุม และบริเวณตรงกลางของกล่องพลาสติก เพื่อเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียที่สะสมอยู่ในเส้นขนมจีนที่เก็บอยู่ในกล่องพลาสติก แล้วจึงนำเส้นขนมจีนที่สุ่มเลือกทั้งหมดนี้มาบดรวมกัน แล้วนำไปเพาะเชื้อหาปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีนที่ผสมสารสกัดทั้ง 3 ชนิด เทียบกับขนมจีนที่ไม่ได้ผสมสารสกัดสมุนไพร ผลการทดลองที่ได้พบว่า ขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรชาเขียว แก่นฝาง และเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามภาพที่ 2 มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญของแบคทีเรียให้น้อยลงได้ และเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้เพิ่มมากขึ้น ก็ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีน ซึ่งมีแนวโน้มที่น้อยลงตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และพบว่าขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากชาเขียวสามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียในขนมจีนได้ดีกว่าขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากแก่นฝางและเปลือกมังคุด

ชาเขียวประกอบด้วยสารเคมีที่สำคัญซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพผู้บริโภคอยู่หลากหลายชนิด รวมทั้งมีงานวิจัยมากมายที่รายงานถึงฤทธิ์การต้านจุลชีพทั้งแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับอาหารเป็นพิษและโรคต่างๆ ของมนุษย์จากสารสกัดจากชาเขียว ซึ่งหนึ่งในสารสำคัญที่มีบทบาทในการต้านจุลชีพนั่นคือ catechin โดยกลไกของ catechin ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียมีมากมาย เช่น ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันในแบคทีเรีย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ในแบคทีเรีย รวมทั้ง catechin ยังช่วยลดการอักเสบและ

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

ชนิดของขนมจีน	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ผสมในขนมจีน (% โดยมวลต่อน้ำหนักแป้ง)	ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส		
		Hardness	Adhesiveness	Chewiness
ขนมจีนที่ไม่ผสมสารสกัด	0	$8.87^{a} \pm 0.38^{a}$	$-6.26^{a} \pm 0.24$	$0.19^{a} \pm 0.04$
ขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากแก่นฝาง	2	$8.33^{a} \pm 0.32$	$-6.33^{a} \pm 0.37$	$0.16^{a} \pm 0.02$
	4	$8.20^{a} \pm 0.41$	$-6.05^{a} \pm 0.36$	$0.16^{a} \pm 0.01$
	8	$8.22^{a} \pm 0.31$	$-6.44^{a} \pm 0.85$	$0.19^{a} \pm 0.02$
ขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากชาเขียว	2	$8.67^{a} \pm 0.25$	$-6.15^{a} \pm 0.33$	$0.17^{a} \pm 0.02$
	4	$8.55^{a} \pm 0.32$	$-6.12^{a} \pm 0.26$	$0.16^{a} \pm 0.02$
	8	$8.03^{a} \pm 0.33$	$-6.01^{a} \pm 0.21$	$0.16^{a} \pm 0.01$
ขนมจีนที่ผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุด	2	$8.62^{a} \pm 0.23$	$-6.23^{a} \pm 0.44$	$0.15^{a} \pm 0.03$
	4	$8.77^{a} \pm 0.29$	$-6.13^{a} \pm 0.19$	$0.17^{a} \pm 0.03$
	8	$8.82^{a} \pm 0.17$	$-6.08^{a} \pm 0.34$	$0.16^{a} \pm 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน หมายถึง ผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)



ภาพที่ 2 อัตราส่วนระหว่างปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีนที่ผสมสารสกัด ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีนที่ไม่ผสมสารสกัด

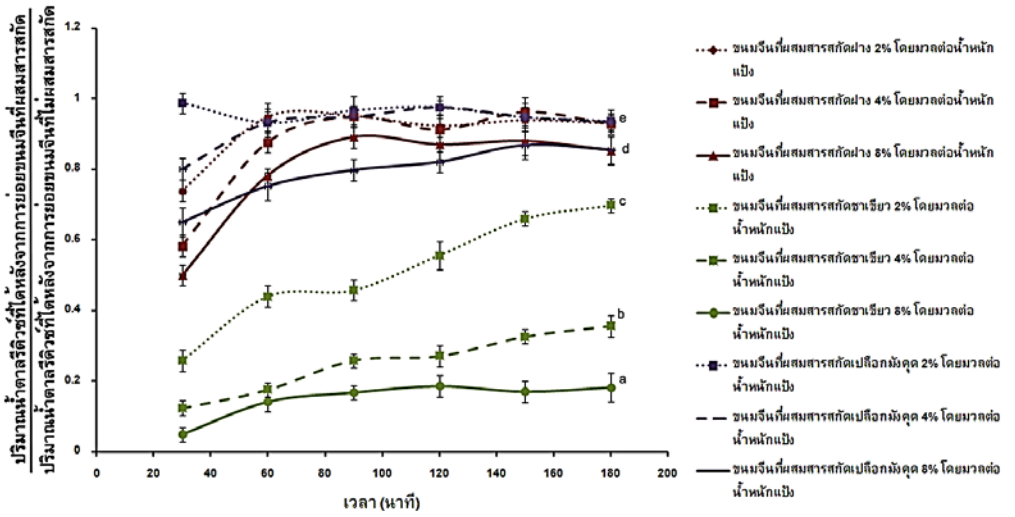
เสริมสร้างระบบคุ้มกันได้ด้วย (Reygaert, 2014) เช่นเดียวกับสารสกัดจากเปลือกมังคุด ซึ่งมีการรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด โดยพบว่า สารสกัดจากเปลือกมังคุดมีสารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกหลายชนิด รวมทั้งสารสำคัญที่พบในเปลือกมังคุด นั่นคือ α–mangostin ซึ่งสารดังกล่าวสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยส่งผลต่อความเสถียรของโครงสร้างและองค์ประกอบต่าง ๆ ของเยื่อหุ้ม

เซลล์ของแบคทีเรีย จึงทำให้แบคทีเรียหยุดการเจริญ (Taokaew *et al*., 2018) นอกจากนี้ก็มีการรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์การต้านจุลชีพในสารสกัดจากแก่นฝาง โดยแก่นฝางมีสารบราซิลิน (brazilin) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดสีแดง พบว่ามีฤทธิ์ที่สำคัญในทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการเจริญของแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ลดระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคตับ และช่วยการขยายตัวของหลอดเลือด (Nilesh *et al*., 2015)

ผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการย่อยแป้งขนมจีนไปเป็นน้ำตาลจากการจำลองระบบการย่อยอาหารในหลอดทดลองของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

จากการศึกษาการผลิตขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรชาเขียว แก่นฝาง และเปลือกมังคุด เพื่อลดอัตราการย่อยแป้งนั้น ผู้วิจัยได้นำขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด รวมทั้งขนมจีนที่ไม่ได้ผสมสารสกัดสมุนไพร มาจำลองระบบการย่อยอาหารของระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ในหลอดทดลอง ตามวิธีการของ Zhang *et al.* (2017) โดยเริ่มจากการนำเส้นขนมจีนมาบดให้ละเอียด ซึ่งคล้ายกับการเคี้ยวอาหารในปาก จากนั้นจึงปรับสภาวะด้วยกรดไฮโดรคลอริก แล้วเติม pepsin ลงไป เพื่อจำลองการย่อยในกระเพาะอาหาร สุดท้ายจึงปรับสภาวะด้วย K_2CO_3 เพื่อหยุดการทำงานของ pepsin แล้วจึงนำสารทั้งหมดใส่ในถุง dialysis แล้วเติม α-amylase ลงไป เพื่อจำลองสภาวะการย่อยแป้งขนมจีนไปเป็นน้ำตาลในลำไส้เล็ก จากนั้นนำถุง dialysis ที่ปิดผนึกถุงเรียบร้อยแล้ว ไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ เพื่อตรวจหาปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรเทียบกับขนมจีนที่ไม่ได้ผสมสารสกัดสมุนไพร จากการเก็บสารละลายที่อยู่ภายนอกถุง dialysis ผลการทดลองพบว่า ขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรแก่นฝางและเปลือกมังคุดต้องใช้ปริมาณสารสกัดที่ค่อนข้างสูง เพื่อชะลออัตราการย่อยเส้นขนมจีนไปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ อย่างไรก็ตามความสามารถในการชะลออัตราการย่อยเส้นขนมจีนไปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ได้ไม่เกิน 60 นาที (ภาพที่ 3)

α–amylase ถือว่าเป็นเอนไซม์หลักในระบบการย่อยอาหารจากแป้งไปเป็นน้ำตาล ซึ่งกระบวนการที่เร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์นี้อาจจะส่งผลให้เกิดภาวะเสี่ยงน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนที่มีความเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน ซึ่งถ้าสามารถควบคุมการทำงานของ α–amylase ได้ ก็ย่อมเกิดแนวโน้มที่ดีในการควบคุมโรคเบาหวาน (Yilmazer–Musa *et al*., 2012; McDougall *et al*., 2005; Lochocka *et al*., 2015) ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของ α–amylase ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด พบว่า สารสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งการทำงานของ α – amylase โดยมีความสามารถที่ใกล้เคียงกับ acarbose ซึ่งเป็นสารที่ถูกใช้เป็นยารับประทานเพื่อลดระดับน้ำตาลในเลือด ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะเปลือกมังคุดประกอบด้วย α–mangostin ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของ α–amylase รวมทั้งสารในกลุ่มของฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และซาโปนิน ที่พบในเปลือกมังคุด ก็สามารถยับยั้งการทำงานของ α–amylase ได้เช่นกัน (Adnyana *et al*., 2016; Arif *et al*., 2014) ในขณะที่สารสกัดจากแก่นฝางก็มีรายงานว่า สามารถยับยั้งการทำงานของ α–amylase ได้เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 3 อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้หลังจากการย่อยขนมจีนที่ผสมสารสกัด ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้หลังจากการย่อยขนมจีนที่ไม่ผสมสารสกัด ในการจำลองระบบการย่อยอาหารของระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ในหลอดทดลอง

(Chalopagorn and Klomsakul, 2017) สำหรับขนมจีนที่ผสมสารสกัดชาเขียวนั้นให้ผลทดสอบที่ค่อนข้างดีกว่าขนมจีนที่ผสมสารสกัดแก่นฝางและเปลือกมังคุด โดยสามารถลดอัตราการย่อยแป้งในหลอดทดลองได้จนถึงเวลา 180 นาที (ภาพที่ 3) ซึ่งถ้ายิ่งใช้สารสกัดชาเขียวที่ความเข้มข้นสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการลดอัตราการย่อยแป้งในหลอดทดลองก็สูงขึ้นเช่นกัน รายวิจัยก่อนหน้านี้ได้ระบุไว้ว่า สารสกัดชาเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารในกลุ่มของ catechin ที่พบในชาเขียว มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของ α–amylase ได้ดี (Yilmazer–Musa *et al*., 2012) รวมทั้งสารสกัดจากชาเขียวยังไปรบกวนการจับกันและเร่งปฏิกิริยาระหว่างอะไมเลสและ α–amylase ด้วย (Miao *et al*., 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอีกว่า เมื่อให้อาสาสมัครรับประทานสารสกัดจากชาเขียวเข้าไป จะส่งผลให้การย่อยแป้งและการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ร่างกายลดลง (Lochocka *et al*., 2015)

สรุปผลการทดลอง

การผลิตขนมจีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพรแก่นฝาง ชาเขียว และเปลือกมังคุดสามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่พบในขนมจีน และชะลออัตราการย่อยเส้นขนมจีนไปเป็นน้ำตาลได้ โดยขนมจีนที่ผสมสารสกัดชาเขียวมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนและลดอัตราการย่อยแป้งไปเป็นน้ำตาล ซึ่งเหมาะสมกับผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มบุคคลที่ต้องการควบคุมปริมาณน้ำตาล ผลการทดลองนี้จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่บ่งบอกถึงประโยชน์ของสารสกัดจากธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการการพัฒนาขนมจีนเพื่อสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2563 (สัญญาเลขที่ 187/2563 และ 188/2563)

เอกสารอ้างอิง

Adnyana, I. K., Abuzaid, A. S., Iskandar, E. Y., and Kurniati, N. F. (2016). Pancreatic lipase and α–amylase inhibitory potential of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) pericarp extract. **International Journal of Medical Research & Health Sciences** 5(1):23–28.

Arif, T., Sharma, B., Gahlaut, A., Kumar, V., and Dabur, R. (2014). Anti–diabetic agents from medicinal plants: A review. **Chemical Biology Letters** 1(1): 1–13.

Barak, S., Mudgil, D., and Khatkar, B.S. (2014). Effect of compositional variation of gluten proteins and rheological characteristics of wheat flour on the textural quality of white salted noodles. **International Journal of Food Properties** 17: 731–740.

Brand–Miller, J., Marsh, K., and Sandall, P. (2009). **The New Glucose Revolution Low Gi Gluten–Free Eating Made Easy: The Essential Guide to the Glycemic Index and Gluten–Free Living**. USA: Da Capo.

Chalopagorn, P., and Klomsakul, P. (2017). α–Amylase and α–Glucosidase inhibitory activities of *Ceasalpinia sappan*, *Ficus foveolata* and *Eurycoma longifolia* extracts. **Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)** 12(1): 63–73. (in Thai)

Dongsongkram, K., Thammapat, P., and Yuttaard, K. (2019). Innovative digital technology to increase product's value of dried herbal Thai vermicelli noodle. **Journal of Project in Computer Science and Information Technology** 2: 94–102. (in Thai)

Goñi, I., Garcia–Alonso, A., and Saura–Calixto, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research** 17(3): 427–437.

Hu, Y., Ma, Y., Wu, S., Chen, T., He, Y., Sun, J., Jiao, R., Jiang, X., Huang, Y., Deng, L., and Bai, W. (2016). Protective effect of cyanidin–3–O–glucoside against ultraviolet B radiation–induced cell damage in human HaCaT keratinocytes. **Frontiers in Pharmacology** 7(301): 1–8.

Ibrahim, S. R. M., Mohamed, G. A., Khayate M. T., Ahmed, S., Abo–Haded, H., and Alshali, K. Z. (2019). Mangostanaxanthone VIIII, a new xanthone from *Garcinia mangostana* pericarps, alpha–amylase inhibitory activity, and molecular docking studies. **Revista Brasileira de Farmacognosia** 29(2): 206–212.

Jiamjariyatam, R., Kongpensook, V., and Pradiprasena, P. (2015). Effects of amylose content, cooling rate and aging time on properties and characteristics of rice starch gels and puffed products. **Journal of Ce-**

real Science 61: 16–25.

Juneja, V. K., Dwivedi, H. P., and Yan, X. (2012). Novel natural food antimicrobials. **Annual Review of Food Science and Technology** 3: 381–403.

Lochocka, K., Bajerska, J., Glapa, A., Fidler–Witon, E., Nowak, J. K., Szczapa, T., Grebowiec, P., Lisowska, A., and Walkowiak, J. (2015). Green tea extract decreases starch digestion and absorption from a test meal in humans: a randomized, placebo–controlled crossover study. **Scientific Reports** 5(12015): 1–5.

McDougall, G. J., Shpiro, F., Dobson, P., Smith, P., Blake, A., and Stewart, D. (2005). Different polyphenolic components of soft fruits inhibit alpha–amylase and alpha–glucosidase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53: 2760–2766.

Miao, M., Jiang, B., Jiang, H., Zhang, T., and Li, X. (2015). Interaction mechanism between green tea extract and human α–amylase for reducing starch digestion. **Food Chemistry** 186: 20–25.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry** 31(3): 426–428.

Ngokpilai, W., Parinyasiri, T., Jindaprasert, A., Areekul, V., and Swetwiwathana, A. (2012). A Study of Quality and Safety of Kanom Jien (Fermented and Fresh Rice Noodle). **Srinakharinwirot Science Journal** 28(1): 121–134. (in Thai)

Nilesh, P. N., Mithun S. R., Rangabhatla, G. S. V. P., and Mehraj, A. (2015). Brazilin from *Caesalpinia sappan* heartwood and its pharmacological activities: A review. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine** 8(6): 421–430.

No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., and Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods. **Journal of Food Science** 72: 87–100.

Reygaert, W.C. (2014). The antimicrobial possibilities of green tea. **Frontiers in Microbiology** 5(434): 1–8.

Srinivasan, R., Ganapathy selvam, G., Karthik, S., Mathivanan, K., Baskaran, R., Karthikeyan, M., Gopi, M., and Govindasamya, C. (2012). In vitro antimicrobial activity of *Caesalpinia sappan* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine** 2(1): S136–S139.

Sun, J., Bai, W., Zhang, Y., Liao, X., and Hu, X. (2011). Identification of degradation pathways and products of cyanidin–3–sophoroside exposed to pulsed electric field. **Food Chemistry** 126: 1203–1210.

Sun, J., Li, X., Lin, X., Mei, Z., Li, Y., Ding, L., and Bai, W. (2016). Sonodegradation of cyanidin–3–glucosylrutinoside: Degradation kinetic analysis and its impact on antioxidant capacity in vitro. **Journal of the**

Science of Food and Agriculture 97(5): 1475–1481.

Suphim, B., Choomseer, P., and Panpetch, O. (2017). Microbiological quality of ready–to–eat foods in Loei Rajabhat University Canteen. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University** 1: 72–81. (in Thai)

Taokaew, S., Piyaviriyakul, S., Siripong, P., and Phisalaphong, M. (2018). Aqueous and ethanolic extracts of mangosteen peels as natural antimicrobial/anticancer materials against pathogenic microbes and B16F10 murine melanoma. **Chiang Mai Journal of Science** 45(3): 1345–1358.

ThaiPBS. (2016). Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=CAqGCvkJ17U, November 19, 2018.

Tundis, R., Loizzo, M.R., and Menichini, F. (2010). Natural Products α–Amylase and α–glucosidase inhibitors and their hypoglycaemic potential in the treatment of diabetes: An update. **Mini–Reviews in Medicinal Chemistry** 10: 315–331.

Yilmazer–Musa, M., Griffith, A. M., Michels, A. J., Schneider, E., and Frei, B. (2012). grape seed and tea extracts and catechin 3–gallates are potent inhibitors of α–amylase and α–glucosidase activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 60: 8924–8929.

Zhang, Y., Sui, X., and Huang, D. (2017). Mitigating the in vitro enzymatic digestibility of noodles by aqueous extracts of Malay cherry leaves. **Food Chemistry** 232: 571–578.