บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากแนวทางในการวิจัยในครั้งนี้ที่จะนำแป้งดิบซึ่งมีราคาไม่สูงมาทำให้มีมูลค่าเพิ่มโดยการนำมาพัฒนาเพื่อนำไปสู่การพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพต่อไป โดยกระบวนการวิจัยในครั้งนี้ได้เริ่มต้นด้วยการนำแบคทีเรียแลคติกซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์สุขภาพ (Probiotics) จำนวน 15 สายพันธุ์มาเลี้ยงบนอาหารแข็งที่มีการใช้แป้งดิบจำนวน 4 ชนิดเป็นแหล่งคาร์บอนแทนกลูโคสในอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไป ผลการศึกษาพบว่าแบคทีเรียแลคติกทั้ง 15 สายพันธุ์สามารถเจริญบนอาหารที่มีแป้งดิบเป็นส่วนผสมได้ดี ทั้งนี้ *Lactobacillus amylovorus* เป็นชนิดเดียวที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตบนอาหารแข็งที่มีแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพดได้เป็นอย่างดีและยังสามารถย่อยแป้งจนเกิดวงใสได้ด้วย จากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของแป้งดิบนี้ในด้านของการเป็น prebiotic สามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่แป้งดิบคือแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพดสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์สุขภาพที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ได้และถ้าสามารถพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพในการปกป้องแป้งจากการถูกย่อยด้วยกรดในกระเพาะอาหารและน้ำย่อยในส่วนลำไส้เล็กแต่สามารถปล่อยแป้งออกมาที่ลำไส้ใหญ่ได้ก็จะนำไปสู่ผลิตภัณฑ์สุขภาพ

การทดลองนี้ได้พัฒนาระบบเพื่อการนำส่งแป้งไปสู่ลำไส้ใหญ่โดยในเบื้องต้นเป็นการเตรียมแป้งดิบคือแป้งข้าวเหนียวให้อยู่ในรูปของแกรนูลโดยใช้ polyvinyl pyrrolidone เป็นสารช่วยในการยึดเกาะแกรนูลที่เตรียมได้มีพื้นผิวที่มีลักษณะขรุขระ และรูปร่างไม่มีลักษณะทรงกลม และทำการเคลือบแกรนูลที่คัดขนาดเฉลี่ยประมาณ 20 mesh โดยพอลิเมอร์ที่นำมาใช้เคลือบได้แก่ Eudragit® L100 และ S100 ผสมกันในสัดส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนักและใช้เทคนิคการเคลือบโดยพ่นสารละลายพอลิเมอร์ลงบนแกรนูล เตรียมแกรนูลเคลือบที่มีความหนาของฟิล์มที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม โดยดูจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแกรนูลเคลือบในระดับ 25, 50 และ 100% ที่เพิ่มขึ้นจากน้ำหนักเริ่มต้นของแกรนูล การเคลือบของฟิล์มสามารถหุ้มรอบแกรนูลแต่ฟิล์มที่เกิดขึ้นไม่ได้มีความหนาที่เท่ากันโดยรอบแกรนูล เมื่อนำแกรนูลเคลือบที่ระดับความหนาทั้ง 3 ระดับที่ต่างกันไปทดสอบความทนทานต่อน้ำย่อยเสมือน 0.1 N HCl ที่เสมือนในกระเพาะอาหาร ผลการทดสอบพบว่าแกรนูลเคลือบในทุกกลุ่มที่มีความหนาของฟิล์มที่ต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม ไม่สามารถทนทานต่อ 0.1 N HCl pH 1.2 ได้ โดยตรวจพบว่ามีการรั่วของแป้งออกมาเป็นจำนวนมากจึงไม่ได้ทดสอบต่อในขั้นตอนต่อไปในน้ำย่อยเสมือนในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่

เมื่อเปรียบเทียบการใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์กับการใช้เพคตินที่มีคุณสมบัติในการเกิดเจลมาทำการเคลือบแกรนูลแป้ง โดยกระบวนการเคลือบเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้นของเพคตินต่างๆ กันได้แก่ความเข้มข้น 5, 6, 7, 8 และ 9% ผลการศึกษาพบว่า ณ สภาวะเสมือนกระเพาะอาหาร 0.1 N. HCl pH 1.2 ที่ทำการทดสอบนาน 2 ชั่วโมง นั้นมีการรั่วออกของแป้งจากเม็ดเคลือบเพคตินในปริมาณมากน้อยที่แตกต่างกัน ตามลำดับคือที่ 5%> 6%> 7%> 8%> 9% ส่วนการทดสอบในสภาวะที่เสมือนลำไส้เล็ก PBS pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง พบว่าแกรนูลเคลือบเพคตินที่ 5, 6 และ 7% ไม่

สามารถป้องกันแป้งที่อยู่ภายในไม่ให้รั่วออกมาได้เลย สำหรับเม็ดเคลือบเพคตินที่เตรียมได้จาก 8% และ 9% สามารถป้องกันไม่ให้แป้งรั่วออกมาได้ เมื่อนำเม็ดเคลือบส่วนที่สามารถทนต่อสภาวะเสมือน PBS pH 6.8 ไปทดสอบต่อในสภาพเสมือนของลำไส้ใหญ่ PBS pH 7.4 นาน 4 ชั่วโมง พบว่ามีการรั่วของแป้งออกมาได้ทั้งหมดจากเม็ดเคลือบเพคตินชนิดที่เตรียมจากสารละลาย 8% และ 9% ผลการศึกษาสรุปได้ว่าระดับความเข้มข้นซึ่งส่งผลต่อความหนาของเพคตินที่เคลือบแกรนูลทำให้มีผลต่อการปกป้องไม่ให้แป้งรั่วออกมาได้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันพบว่าประสิทธิภาพในการปกป้องแกรนูลที่เคลือบด้วยเพคตินที่ระดับ 9% จะทนทานได้ดีกว่าที่ 8% ส่วนที่เตรียมจากสารละลาย 5%, 6% และ 7% จะใกล้เคียงกัน

จากผลการศึกษาที่พบว่าแกรนูลเคลือบที่ใช้พอลิเมอร์ Eudragit® L100 และ S100 ในสัดส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนักไม่สามารถผ่านการทดสอบเป็นไปได้ว่าอัตราส่วนที่นำมาใช้ในการเคลือบอาจยังไม่เหมาะสมหรือเป็นไปได้ที่ผิวเคลือบของแกรนูลก่อนนำมาเคลือบมีลักษณะขรุขระเมื่อเคลือบเสร็จความหนาของฟิล์มมีความไม่สม่ำเสมอกันโดยบางแห่งฟิล์มมีความบางและบางแห่งฟิล์มมีความหนากว่าหนาจึงทำให้ส่วนที่เป็นฟิล์มที่บางไม่สามารถทนต่อการทดสอบได้ ดังนั้นในการศึกษาที่จะมีต่อไปควรที่จะทำให้ผิวของแกรนูลมีความเรียบสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้นโดยอาจเตรียมแกรนูลให้อยู่ในรูปของเพลเลท (pellet) โดยเพลเลทจะมีรูปร่างที่เป็นทรงกลมและมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบกว่า ส่วนในกรณีของการใช้เพคตินเป็นสารเคลือบพบว่าเพคตินชนิด LC- 710 สามารถนำมาใช้ในการเป็นสารก่อเจลเพื่อปกป้องแกรนูลแป้งได้ในระดับหนึ่ง ในอนาคตอาจทำการพัฒนาและศึกษาเพคตินชนิดอื่น ๆ ที่สามารถทนต่อสภาวะกรด – เบส ที่มีสภาพเหมือนในระบบทางเดินอาหารได้นานขึ้นในแต่ละสภาวะ นอกจากนั้นถ้าจะให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นควรที่จะได้มีการศึกษาใน in vivo โดยทดลองในสัตว์ทดลองหรือในมนุษย์ด้วยเพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อมูลวิทยาศาสตร์สนับสนุนว่าเมื่ออยู่ในสภาพจริงในร่างกายสามารถที่จะผ่านไปยังลำไส้ใหญ่ได้จริงสำหรับการผลิตและนำไปใช้จริงได้ต่อไป นอกเหนือจากแป้งดิบอาจมีการศึกษาโดยการนำแป้งที่มีการดัดแปรโมเลกุลที่เหมาะสมมาพัฒนาในการนำส่งผ่านระบบที่ได้ศึกษานี้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพในวงที่กว้างมากขึ้นรวมทั้งคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ด้วย และที่น่าสนใจคืออาจศึกษาเพิ่มเติมด้วยการให้มีแบคทีเรียสุขภาพด้วยในระบบที่มีการศึกษา