

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



242357

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การเคลือบแป้งเพื่อการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ
Coating of starch for development of nutraceutical product

โดย

รศ. ดร. จักรพันธ์ ศิริธัญญาลักษณ์
หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี ๒๕๕๓

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การเคลือบแป้งเพื่อการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ

Coating of starch for development of nutraceutical product

ผู้ร่วมวิจัย



รศ. ดร. จักรพันธ์ ศิริธัญญาลักษณ์

รศ. ดร. บุษบัน ศิริธัญญาลักษณ์

ธนากร รติธรรมธร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี ๒๕๕๓

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง “การเคลือบแป้งเพื่อการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ (Coating of starch for development of nutraceutical product)” ฉบับนี้เป็นผลจากการดำเนินการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปี ๒๕๕๓ ของ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้วิจัยหวังว่าผลการวิจัยในครั้งนี้จะก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่จะนำไปใช้เป็นประโยชน์และใช้เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและต่อยอดต่อไปเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ในที่สุด ซึ่งจะนำไปสู่การลดการพึ่งพาการนำเข้าของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากต่างประเทศและสามารถพึ่งพาตนเองได้ แต่อย่างไรก็ตามในส่วนที่นับว่าสำคัญมากที่สุดประการหนึ่งก็คือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบที่ผลิตหรือมีในประเทศให้มีราคาที่สูงขึ้น ตลอดจนจะส่งผลดีต่อการส่งเสริมสุขภาพและการป้องกันโรคภัยในส่วนที่เกี่ยวข้องที่จะเกิดขึ้นในภาพรวมได้ต่อไป คณะผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการศึกษาวิจัยสำหรับงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปได้อีกด้วย

คณะผู้วิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้จัดสรรและสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๓ สำหรับการดำเนินการวิจัยในโครงการ “การเคลือบแป้งเพื่อการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ” นอกจากนี้นงานวิจัยในครั้งนี้จะไม่สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีถ้าหากไม่ได้รับการสนับสนุนจากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยนอกเหนือไปจากทุนสำหรับการวิจัยที่กล่าวมาในเบื้องต้น นอกจากนี้ทางผู้วิจัยต้องขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของคณะเภสัชศาสตร์โดยเฉพาะคุณ นิคม อรุณวิไล ที่ได้ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือทางด้านเทคนิคของการใช้เครื่องมือชนิดต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ในท้ายที่สุดการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นไปไม่ได้เลยหากไม่มีนักศึกษาปริญญาเอก ธนากร รติธรรมธร ที่มีส่วนร่วมเป็นอย่างมากในการช่วยในการดำเนินการวิจัยจนทำให้บรรลุความสำเร็จและเสร็จสิ้นสมบูรณ์ได้ตามวัตถุประสงค์ จึงขอขอบคุณเป็นอย่างมากมาย ณ โอกาสนี้ด้วย

การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการนำแป้งข้าวเหนียวมาใช้เป็นตัวอย่างของแป้งดิบในการทดลองเพราะสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและถูกย่อยโดยแบคทีเรีย *Lactobacillus amylovorus* ซึ่งเป็นโพรไบโอติก โดยนำแป้งข้าวเหนียวมาเตรียมให้อยู่ในรูปแบบของแกรนูลทางเภสัชกรรมและนำมาเคลือบเพื่อให้ชั้นเคลือบสามารถทนต่อน้ำย่อยของกระเพาะอาหารและน้ำย่อยในลำไส้เล็กแต่เมื่อถึงลำไส้ใหญ่แป้งที่อยู่ภายในสามารถถูกปลดปล่อยออกมาได้เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นระบบการนำส่งแป้งไปยังลำไส้ใหญ่ ภายหลังการเคลือบแกรนูลด้วยเพคตินมีการทดสอบ *in vitro* เพื่อดูว่าการเคลือบสามารถปกป้องแป้งที่อยู่ภายในไม่ให้รั่วออกมาในสภาวะทดสอบที่มีตัวกลางที่เสมือนกระเพาะและลำไส้เล็กแต่สามารถให้แป้งออกมาได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่ลำไส้ใหญ่ พบว่าการเคลือบแกรนูลแป้งที่เตรียมขึ้นโดยใช้เพคตินชนิด low ester (LC 710 Pectin) ด้วยวิธีการของ Ionotropic gelation technique โดยใช้สารละลายเพคตินที่มีความเข้มข้นต่างๆ กันคือ 5, 6, 7, 8 และ 9% โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นนำแกรนูลที่เคลือบด้วยอัตราส่วนต่างๆ ไปทดสอบในสภาพเสมือนของระบบทางเดินอาหาร พบว่าแกรนูลที่เคลือบด้วยเพคตินในความเข้มข้นที่สูงมีประสิทธิภาพสูงสุดในการปกป้องแป้งที่อยู่ในแกรนูลให้ทนต่อสภาพเสมือนของน้ำย่อยในส่วนของกระเพาะอาหารและส่วนลำไส้เล็ก (PBS pH 6.8, 2 ชั่วโมง) ของทางเดินอาหารได้และมีการปล่อยแป้งออกมาทั้งหมดในตัวกลางที่มีสภาพเสมือนในลำไส้ใหญ่ (PBS pH 7.4, 4 ชั่วโมง) โดยที่สภาวะเสมือนกระเพาะอาหาร 0.1 N. HCl pH 1.2 ที่ทำการทดสอบนาน 2 ชั่วโมง นั้นมีการรั่วออกของแป้งจากแกรนูลเคลือบเพคตินในปริมาณมากน้อยที่แตกต่างกันจนถึงไม่มีการรั่วออก ตามลำดับการรั่วออกของแป้งคือที่ 5% > 6% > 7% > 8% > 9% ส่วนการทดสอบในสภาวะที่เสมือนลำไส้เล็ก PBS pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง พบว่าแกรนูลเคลือบเพคตินที่ 5, 6 และ 7% ไม่สามารถป้องกันแป้งที่อยู่ในไม่ให้รั่วออกมาได้ สำหรับเม็ดเคลือบเพคตินที่เตรียมได้จาก 8% และ 9% สามารถป้องกันไม่ให้แป้งรั่วออกมาได้ เมื่อนำแกรนูลเคลือบส่วนที่สามารถทนต่อสภาวะเสมือน PBS pH 6.8 ไปทดสอบต่อในสภาพเสมือนของลำไส้ใหญ่ PBS pH 7.4 นาน 4 ชั่วโมง พบว่ามีการรั่วของแป้งออกมาได้ทั้งหมดจากเม็ดเคลือบเพคตินชนิดที่เตรียมจากสารละลาย 8% และ 9% ผลการศึกษาสรุปได้ว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายเพคตินที่ใช้ในการเคลือบจะส่งผลต่อความหนาของเพคตินที่เคลือบแกรนูลทำให้มีผลต่อการปกป้องไม่ให้แป้งรั่วออกมาได้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันพบว่าประสิทธิภาพในการปกป้องแกรนูลที่เคลือบด้วยเพคตินที่ระดับ 9% จะทนทานได้ดีกว่าที่ 8% และในส่วนที่เตรียมจากสารละลาย 5%, 6% และ 7% จะได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

โดยสรุปผลการศึกษาครั้งนี้มีความเป็นไปได้ในการที่จะนำแป้งข้าวเหนียวมาเตรียมเป็นแกรนูลทางเภสัชกรรมและเคลือบด้วยเพคตินชนิด low ester ในความเข้มข้นที่เหมาะสมที่

สามารถทนต่อกรดที่มีสภาพเสมือนน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและสภาพน้ำย่อยเสมือนในลำไส้เล็ก และปลดปล่อยแป้งที่ลำไส้ใหญ่ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพต่อไปได้

Abstract

242357

Glutinous rice starch was selected as a model of native starch because it can be easily hydrolyzed and can replace glucose as a carbon source for probiotic *Lactobacillus* spp. The glutinous rice starch was given a granular form by wet granulation and then coated as a colon-specific starch delivery system. The granules so prepared were coated with pectin and those coated with pectin of the low ester type by ionotropic gelation technique at various concentration of 5, 6, 7, 8, and 9 % by weight, were tested on their tolerance to media which mimic the media along gastrointestinal tract. The pectin coated granules showed effective protection against starch hydrolysis in a simulated gastric fluid (0.1 N HCl pH 1.2) in series of 9% > 8% > 7% > 6% > 5% whereas in a medium of the small intestine fluid (PBS, pH 6.8, 2 h), the coated granules with 5, 6 and 7% solution could not protect the starch inside. The starch in the coated granules was completely released after 4 hours in a phosphate buffer solution pH 7.4 as a simulated colonic fluid by using 8 and 9% pectin solution. In comparison with others, a 9% pectin coating solution showed the highest effectiveness of starch delivery. Results of starch protection of coated granules with 5%, 6% and 7% pectin solution in 0.1 N HCl, pH 1.2 revealed the same range of protection. Hence, when building up the film thickness the concentration of pectin solution used in coating the granules plays a very important role in protecting the release of starch from the granules.

In conclusion, glutinous rice starch in granular form and coated with low ester pectin in higher concentrations can function as a colon-specific starch delivery system. This system can tolerate acid media like simulated gastric fluid and also resist a simulated small intestine medium by preventing the starch from leaking out, while allowing the starch to be released in a medium simulating colonic fluid. This starch delivery system could be developed further to become a nutraceutical product.

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	i
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อภาษาไทย	iii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	v
สารบัญรูป	vii
สารบัญตาราง	ix
บทที่ 1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 การทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล	24
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	44
เอกสารอ้างอิง	46

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างอะมิโลส	3
2.2 โครงสร้างอะมิโลเพคติน	4
2.3 โครงสร้างทางเคมีของเพคติน	11
2.4 โครงสร้างเพคตินชนิดเมธอกซิลสูง	11
2.5 โครงสร้างเพคตินชนิดเมธอกซิลต่ำ	12
2.6 Egg Box Model	13
4.1 ลักษณะแบ่งข้าวเหนียวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (ซ้าย) และ กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงโพลาไรซ์ (ขวา) ที่กำลังขยาย $\times 40$	24
4.2 ลักษณะเม็ดแบ่งข้าวเหนียวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	24
4.3 ลักษณะและขนาดของแกรนูลแบ่งข้าวเหนียวก่อนและหลังการลดขนาด ด้วยแรงเบอร์ 20	25
4.4 ลักษณะของแกรนูลแบ่งข้าวเหนียวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	26
4.5 ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของแกรนูลก่อนการเคลือบ	27
4.6 ลักษณะแกรนูลที่เคลือบด้วยเพคตินที่ระดับความเข้มข้น 5%, 6%, 7%, 8% และ 9 % หลังการเตรียมขึ้นใหม่ (ภาพซ้าย) และหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 37 °ซ นาน 12 ชั่วโมง (ภาพขวา)	28
4.7 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงลักษณะพื้นผิวภายนอก (ซ้าย) และ ภาคตัดขวาง (ขวา) ของเม็ดเคลือบเพคตินจากสารละลายเพคตินความเข้มข้น 5% ที่กำลังขยาย $\times 500$ ที่ low และ high vacuum mode	30

4.8 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงลักษณะพื้นผิวภายนอก (ซ้าย) และภาคตัดขวาง (ขวา) ของเม็ดเคลือบเพคตินจากสารละลายเพคตินความเข้มข้น 9% ที่กำลังขยาย $\times 500$ ที่ low และ high vacuum mode	31
4.9 ลักษณะเม็ดเคลือบเพคตินที่ผ่านการทดสอบ (ก) 0.1 N. HCl : pH 1.2 (ข) PBS : pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง	33
4.10 ลักษณะเม็ดเคลือบเพคติน (5%) ที่ผ่านการทดสอบใน (ก) 0.1 N. HCl : pH 1.2 และตามด้วย (ข) PBS : pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง	34
4.11 ลักษณะเม็ดเคลือบเพคติน (6%) ที่ผ่านการทดสอบใน (ก) 0.1 N. HCl : pH 1.2 และตามด้วย (ข) PBS : pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง	35
4.12 ลักษณะเม็ดเคลือบเพคติน (7%) ที่ผ่านการทดสอบใน (ก) 0.1 N. HCl : pH 1.2 และตามด้วย (ข) PBS : pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง	36
4.13 ลักษณะเม็ดเคลือบเพคติน (8%) ที่ทดสอบใน (ก) 0.1 N. HCl : pH 1.2 และตามด้วย (ข) PBS : pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง และ(ค) PBS : pH 7.4 นาน 4 ชั่วโมง	37
4.14 ลักษณะเม็ดเคลือบเพคติน (9%) ที่ทดสอบใน (ก) 0.1 N. HCl : pH 1.2 และตามด้วย (ข) PBS : pH 6.8 นาน 2 ชั่วโมง และ(ค) PBS : pH 7.4 นาน 4 ชั่วโมง	38
4.15 การกระจายตัวของแป้งที่ตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ($\times 10$) (บน) การร่วของแป้งปริมาณน้อย (ล่าง) การร่วของแป้งปริมาณมาก	40
4.16 การเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของแกรนูลเคลือบเพคติน 9% ใน 0.1 N. HCl pH 1.2 นาน 2 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Low vacuum mode)	42
4.17 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแกรนูลเคลือบเพคติน 9% หลังจากทดสอบใน 0.1 N. HCl pH 1.2 ต่อด้วย PBS : pH 6.8 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Low vacuum mode)	43

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	5
2.2 ปริมาณ RS ในตัวอย่างแป้งทั้งชนิดสตาร์ช (Starch) และแป้ง (Flour)	7
4.1 น้ำหนักเปียก น้ำหนักแห้ง และน้ำหนักที่สูญเสียของเม็ดเคลือบเพคติน	29
4.2 แสดงความเข้มข้นของสีจากการทำปฏิกิริยาของไอโอดีนกับแป้งที่ร่วออกมาในแต่ละสภาวะ	39