รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาขยายผลผลิตภัณฑ์ startup ingredient เชิงพาณิชย์

Implementation of Startup Ingredients for Functional Food to Commercialization

วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
Wimonwan Wattanawichit

ปี พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาขยายผลผลิตภัณฑ์ startup ingredient เชิงพาณิชย์
Implementation of Startup Ingredients for Functional Food to Commercialization

วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
Wimonwan Wattanawichit

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

ผลิตภัณฑ์ startup ingredient เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ และเครื่องสำอาง อันได้แก่ เอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงสำหรับใช้เป็นสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์จากฟรุกโตโอลิโกแซกคาไรด์ที่มีประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ เอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากธรรมชาติเพื่อทดแทนเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากการสังเคราะห์ที่ส่งผลในเชิงลบต่อตับและระบบทางเดินอาหาร และเนยมะม่วงสำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อความงามและการชะลอริ้วรอยทดแทนไขมันจากเมล็ดเชียและเมล็ดโกโก้ ซึ่งเป็นไขมันจากพืชที่มีราคาแพง องค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัยเหล่านี้จะมีคุณค่าและมีประโยชน์มากขึ้นหากผลงานวิจัยนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นเพื่อการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ จากผลงานวิจัยมาใช้ในการพัฒนาจึงได้ดำเนินการเพื่อถ่ายองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์กับกลุ่มเป้าหมายให้สามารถรองรับต่อกระบวนการผลิตที่หลากหลาย ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังจำเป็นต่อการรองรับการเติบโตของธุรกิจการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและการดูแลสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในแข่งขันของประเทศได้

คณะผู้วิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..1
ผู้วิจัย 2
บทนำ 3
บทคัดย่อ 10
บทสรุปและข้อเสนอแนะ 36
บรรณานุกรม 37

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนาขยายผลผลิตภัณฑ์ startup ingredient เชิงพาณิชย์นี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความร่วมมือ และการสนับสนุนช่วยเหลือ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาจากข้าราชการ พนักงาน เจ้าหน้าเจ้าหน้าที่ และหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร ตลอดจนหน่วยงานภายนอก ที่อนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน ดังรายนามต่อไปนี้

ผอ. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร (กวป.)

ผอ. สุปรียา ศุขเกษม ผอ. กลุ่มบริหารโครงการวิจัย กวป.

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยเกษตร

กองแผนงานและวิชาการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

วิสาหกิจชุมชนเกษตรแฟร์เทรดศรีสะเกษ

ข้าราชการ พนักงานราชการ และเจ้าหน้าที่ กวป. ทุกท่าน

ซึ่งประโยชน์และการพัฒนาที่จะเกิดขึ้นจากงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่าน และขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร	Ms. Wimonwan Wattanawichit
นางสาวปาริชาติ อยู่แพทย์	Ms. Parichart Yoopaet
นางสาวศุภมาศ กลิ่นขจร	Ms. Supamas Klinkajorn
นายศิวัช พลายเสน	Mr. Siwat Plaisen
นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์	Ms. Akanit Pisalwadcharin
นางสาวสุปรียา ศุขเกษม	Ms. Supreeya Sukhasem

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

การพัฒนาประเทศโดยการนำผลงานวิจัยไปประโยชน์มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากสินค้าเกษตรเป็นสินค้าหลักที่มีการแข่งขันทั้งด้านการผลิตและการค้าสูงในภูมิภาคอาเซียน ทำให้ผู้ประกอบภาคการผลิตทั้งด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเพื่อขยายผลและถ่ายทอดองค์ความรู้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการจะช่วยยกระดับความสามารถในการแข่งขันและผลักดันให้มีการนำผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดผลอย่าเป็นรูปธรรม ปัจจุบันแนวโน้มความต้องการของตลาดเปลี่ยนแปลงไป ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับสินค้าเพื่อสุขภาพ สินค้าอาหารปลอดภัย และสินค้าเฉพาะกลุ่ม (Niche market) เพื่อการดูแลสุขภาพในเชิงป้องกันมากกว่าการรักษา โดยการเลือกบริโภคอาหารที่เป็นประโยชน์ สะดวกต่อการใช้งานและการบริโภค ที่สามารถเติมได้ในอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ ที่บริโภคเป็นประจำในแต่ละวัน ผลงานวิจัยจากพัฒนา startup ingredients สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เพื่อการดูแลสุขภาพ และการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ รวมทั้งได้นำเทคนิคเอนแคปซูเลชั่นมาประยุกต์ใช้เพื่อคงคุณภาพ และคุณค่าของสารสำคัญต่างๆ ความสำคัญของผลิตภัณฑ์ startup ingredients 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูง เอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากธรรมชาติ และ ผลิตภัณฑ์เนยมะม่วง มีรายละเอียดดังนี้

เอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูง

พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) เป็นอาหารของจุลินทรีย์โพรไบโอติกหรือจุลินทรีย์ขนาดเล็กชนิดดีที่ช่วยในการทำงานของระบบทางเดินอาหารและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย หากร่างกายมีจุลินทรีย์ชนิดดีในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยผลิตสารต่อต้านหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้ จึงช่วยทำให้เกิดความสมดุลทั้งระบบของร่างกาย พรีไบโอติกส์เป็นสารอาหารที่ร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ แต่จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ชนิดโพรไบโอติกส์ ทำให้กระตุ้นการเจริญเติบโตและการทำงานของโพรไอโอติกส์ หากรับประทานอาหารที่มีพรีไบโอติกส์สูง จะช่วยให้จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ทำงานได้ดีขึ้น เมื่อจุลินทรีย์ตัวดีทำงานได้ดีทำให้ร่างกายเกิดสุขภาวะที่ดี สารอาหารที่จัดเป็นพรีไบโอติกส์ ได้แก่

- น้ำตาลแอลกฮอล์ (sugar alcohol) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล เช่น maltitol, sorbitol
- โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตสายสั้น
- แป้งต้านทานการย่อย (Resistant starch) เป็น polysaccharide ซึ่งจะไม่ถูกดูดซับในลำไส้เล็ก
- พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช (Non-starch polysaccharides, NSP) เป็นสารที่ได้รับจากพืชเช่น pectin, cellulose, hemicellulose, guar gum, gum arabic, beta glucan
- อินูลิน (inulin) เป็นสาร polysaccharides ที่พืชเก็บสะสมไว้เป็นอาหาร พบในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด เช่น Chicory root เห็ด หัวหอม หัวกระเทียม กล้วย เป็นต้น
- Mucin glycoproteins ถูกสร้างโดย goblet cells ที่อยู่ในเยื่อบุผิวลำไส้และเป็นสารตั้งต้นหลักสำหรับการหมักในลำไส้
- Related mucopolysaccharides ตัวอย่างเช่น chondroitin sulphate, heparin, pancreatic และ bacterial secretions ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่มีไว้สำหรับจุลินทรีย์ในลำไส้

กรมวิชาการเกษตร

- Protein และ peptides สารเหล่านี้สร้างขึ้นในอาหาร สร้างโดยการหลั่งของตับอ่อนหรือสร้างโดยแบคทีเรีย แต่จะมีปริมาณน้อยกว่าพวกคาร์โบไฮเดรต (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, มปป.)

ฟรุกโต-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (fructo-oligosacharide ; FOS) และอินูลิน (inulin) เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ที่มีโครงสร้างเป็น โอลิโก และพอลิแซ็กคาไรด์ ของฟรุกโตส ซึ่งมี degree of polymerization (DP) ที่แตกต่างกันรวมเรียกว่า fructan สารที่มีค่า DP อยู่ระหว่าง 2-9 เรียก Fructo-oligosaccharide (FOS) หรือ oligofructose ส่วนที่มีค่า DP มากกว่า 10 เรียก inulin (Muir *et al*., 2007) สารทั้งสองชนิดนี้สามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในด้านต่าง ๆ เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้โทษในลำไส้ (Roberfroid *et al*., 1998) ป้องกันอาการท้องผูก (Nyman, 2002) เพิ่มอัตราการดูดซึมแคลเซียม (Abrams *et al*., 2005) ช่วยให้ระบบลำไส้ทำงานได้เป็นปกติ (Kleessen and Blaut, 2005) และช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้อีกด้วย (Van Loo *et al*., 2005) FOS และอินูลิน พบได้ในพืชเช่น แก่นตะวัน มีปริมาณ Inulin อยู่ถึงร้อยละ 14-19 จึงได้รับความสนใจสูงในการนำไปสกัดเพื่อผลิต Inulin ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อส่งเสริมคุณประโยชน์ของอาหารต่อร่างกาย (functional food) (Lingyun *et al*., 2007) และหอมหัวใหญ่เป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีปริมาณ FOS 11 – 14 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (Benkeblia et al., 2005) นอกจากนี้ยังสามารถสังเคราะห์ด้วยเอนไซด์โดยใช้ Hydrolases และ/หรือ Glycosyl transferases โดย FOS ที่มีโครงสร้างแบบ 1F(1-β-fructofuranosyl)n-sucrose ที่มีจำนวน n = 1-3 ซึ่งได้แก่ 1-kestose (GF2), nystose (GF3) และ fructofuranosyl nystose (GF4) สามารถสังเคราะห์โดยการหมักน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ 40 กับเอนไซม์ β-fructofuranosidase ด้วย glucose oxidase ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส pH 5.5 อัตราการให้อากาศ 1 vvm และอัตราการกวน 550 รอบต่อนาที เป็นเวลา 32 ชั่วโมง (Sirisansaneeyakul et al., 2000)

การแปรรูปผลไม้เป็นน้ำผลไม้เข้มข้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และนิยมใช้เป็นวัตถุดิบหรือสารให้กลิ่นในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ เนื่องจากช่วยลดพื้นที่และพลังงานในการขนส่ง อีกทั้งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าน้ำผลไม้พร้อมดื่มเนื่องจากการทำให้เข้มข้นทำให้ค่า water activity ของน้ำผลไม้ลดลง ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค การทำให้น้ำผลไม้เข้มข้น (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, มปป.) สามารถทำโดยใช้กระบวนการระเหยน้ำโดยใช้เครื่องระเหย (evaporator) ประเภทต่างๆ หรือวิธีแยกน้ำออกแบบด้วยวิธีการต่างๆ จะได้น้ำผลไม้เข้มข้นที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูง เป็นแหล่งที่ให้พลังงานและอาจเป็นพลังงานส่วนเกินที่สะสมไว้ในร่างกายจนส่งผลให้เกิดภาวะน้ำหนักเกิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจเพิ่มความเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวานได้ ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสในน้ำผลไม้เข้มข้นให้เป็น FOS เป็นน้ำตาลที่พบในธรรมชาติ และพรีไบโอติกที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้โทษในลำไส้ ทั้งนี้ผลไม้ไทยหลายชนิดมีรสหวานและมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งจะเป็นสับสเทรตให้กับเอนไซม์ glucose oxidase ในการผลิต FOS ได้ โดย FOS ที่ผลิตได้จะช่วยลดความเสี่ยงจากการป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ ซึ่งเป็นโรคที่เป็นปัญหาทางด้านสุขภาพที่สำคัญของประเทศในปัจจุบัน และยังเป็นการแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรราคาตกต่ำได้อีกด้วย

นอกจากนี้หลังจากได้น้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงแล้ว ก็นำมาเอนแคปซูเลชั่นซึ่งเป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารอีกชนิดหนึ่งเพื่อปกป้องการทำปฏิกิริยา

กับส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร และปกป้องสารจากแสงและปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือควบคุมการปลดปล่อยสารในผลิตภัณฑ์อาหาร (Madene *et al.*, 2006)

เอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงใช้สำหรับเป็นสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้ส่วนใหญ่มีน้ำตาลหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ น้ำตาลเป็นแหล่งที่ให้พลังงานและอาจเป็นพลังงานส่วนเกินที่สะสมไว้ในร่างกายจนส่งผลให้เกิดภาวะน้ำหนักเกิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจเพิ่มความเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวานได้ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในน้ำผลไม้สามารถเปลี่ยนให้เป็นฟรุกโต–โอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) ซึ่งเป็นสารพรีไบโอติก การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็น FOS โดยการประยุกต์ใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ ร่วมกับการทำน้ำผลไม้เข้มข้นจะทำให้ได้ FOS ในปริมาณที่มากขึ้น การนำเทคนิคเอนแคปซูเลชันมาใช้ นอกจากจะทำให้ได้สารให้กลิ่นรสที่มีคุณภาพ มีปริมาณสารพรีไบโอติกสูงแล้ว เทคนิคเอนแคปซูเลชันจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ซึ่งจะเป็นการเพิ่มช่องทางในการจำหน่าย และเพิ่มความหลากหลายในการใช้ผลิตภัณฑ์

เอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากธรรมชาติ

เบาหวานเป็นโรคที่เกิดจากความผิดปกติของการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Deutschlander *et al.*, 2009) ปัจจุบันจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยคาดว่าน่าจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนถึง 529 ล้านคนในปีค.ศ. 2035 (Guariguata *et al.*, 2014) ทำให้องค์การอนามัยโลก (WHO) ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว เนื่องจากผู้ป่วยเบาหวานจะเพิ่มปัจจัยเสี่ยงนำไปสู่ภาวะโรคแทรกซ้อนที่รุนแรงขึ้น เช่น โรคหัวใจ ภาวะไตวาย และเบาหวานขึ้นจอตา เป็นต้น (Pantidos *et al.*, 2014) วิธีการรักษาผู้ป่วยเบาหวานนั้น โดยทั่วไปใช้วิธีการควบคุมอาหารและออกกำลังกายร่วมกับการฉีดอินซูลิน ในรายที่เป็นมากแพทย์จะให้การรักษาโดยการให้รับประทานยาที่มีกลไกการออกฤทธิ์ในการลดหรือป้องกันการดูดซึมของน้ำตาลกลูโคส เช่น อะคาร์โบส ไมกลิทอล และโวกลิโบส เป็นต้น โดยจะออกฤทธิ์ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแป้งได้เป็นน้ำตาลกลูโคส ทำให้การดูดซึมน้ำตาลกลูโคสจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดลดลง ลดภาวะการมีน้ำตาลในเลือดสูงแต่ในการรักษาโดยใช้ยาในกลุ่มนี้ติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้เกิดผลข้างเคียงต่อผู้ป่วย เช่น ภาวะตับเป็นพิษและเกิดอาการไม่พึงประสงค์ในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเสีย และคลื่นไส้ ปัจจุบันยารักษาโรคเบาหวานที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส ซึ่งได้จากการสังเคราะห์ จะส่งผลในเชิงลบต่อตับและระบบทางเดินอาหาร อีกทั้งผู้ป่วยเบาหวานโดยเฉพาะเบาหวานชนิดที่ 2 นั้นต้องใช้ระยะเวลารักษานานและจำเป็นต้องใช้ยาร่วมกันหลายชนิดในการรักษา (Gerich *et al.*, 2001) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ต้องมีการค้นหาตัวยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสจากธรรมชาติชนิดใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาและลดอาการข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย ทั้งนี้มีรายงานว่าโดยสารสกัดจากธรรมชาติที่เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น เควอซิทิน แอนโธไซยานิน และเคอร์คูมิน สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสได้ การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากธรรมชาติ จึงทำการศึกษาในพืชที่มีการปลูกในประเทศสามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี นิยมนำมาบริโภค ราคาไม่แพง และมีสารฟลาโวนอยด์สูง โดยกลุ่มที่หนึ่ง เควอซิทิน ได้แก่ หอมหัวใหญ่ กระเทียม หอมแดง กลุ่มที่สอง แอนโธไซยานิน ได้แก่อัญชัน กระเจี๊ยบแดง ลูกหม่อน กลุ่มที่สาม เคอร์คูมิน ได้แก่ ขมิ้นขัน ขิง พร้อมทั้งใช้เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันที่เหมาะสมเพื่อช่วยรักษาประสิทธิภาพของสารสกัด และศึกษาการประยุกต์ใช้เอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับพืช ผักของไทย ยกระดับ

มาตรฐานในการผลิตวัตถุดิบเพื่ออาหารสุขภาพ ให้ความรู้กับเกษตรกร และภาคอุตสาหกรรมอาหารนำไปต่อยอดได้

หอมแดง หรือ *Allium ascalonicum* เป็นพืชในวงศ์ Amaryllidaceae มีการเพาะปลูกมากในแถบเอเชีย หอมแดงมีประวัติการใช้อย่างยาวนาน ไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบของอาหารประจำวัน ใช้เป็นสมุนไพรทั้งในตำรับยาแผนโบราณ ตำรายาไทย ตำรับสมุนไพรล้านนา และยังอยู่ในบัญชียาจากสมุนไพร โดยมีรายงานการนำส่วนต่าง ๆ ของหอมแดงมาใช้ เช่น ส่วนหัว ส่วนใบ เมล็ด โดยใช้เป็นยาขับลม แก้ปวดท้อง แก้หวัด คัดจมูก หรือฆ่าเชื้อ จากการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าหอมแดงมีส่วนประกอบของสารระเหยกลุ่มกำมะถัน (Brewer, 2011) สารกลุ่มซาโปนิน (Brewer, 2011 and Kang *et al.,* 2007) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในความเข้มข้นสูง โดยหนึ่งในสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบเยอะในหอมแดงคือ เคอร์ซิติน (Poblocka-Olech *et. al*., 2016) ปัจจุบันมีงานวิจัยที่มีการใช้สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดทั้งในมนุษย์และสัตว์ทดลอง ผลจากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า สารกลุ่มนี้สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่มีผลข้างเคียง (Ahmed *et al*., 2010) การสกัดฟลาโวนอยด์จากพืชที่มีสารกลุ่มนี้จึงเป็นทางเลือกในการนำมาใช้เพื่อรักษาและป้องกันโรคเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ปัญหาสำคัญของการนำสารสกัดฟลาโวนอยด์มาใช้คือ ความไม่คงตัวของสาร เสื่อมสลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ แสงแดด หรือความร้อน ทำให้ประสบกับปัญหาในการนำมาใช้งานจริง ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ โดยแนวทางหนึ่ง คือ การใช้เทคโนโลยีไมโครเอนแคปซูเลชัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีห่อหุ้มสารสกัด หรือสารออกฤทธิ์ด้วยพอลิเมอร์ชั้นบาง ๆ ลักษณะเป็นแคปซูลขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1-1,000 ไมครอน ช่วยให้สารสกัดหรือสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ มีความเสถียรเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในกระบวนการผลิต รวมทั้งช่วยควบคุมให้สารมีการปลดปล่อยในบริเวณที่ต้องการและช่วงเวลาที่เหมาะสม อีกทั้งยังช่วยลดความสิ้นเปลืองในการใช้สารสกัดด้วย โดยทั่วไปการเอนแคปซูเลทประกอบด้วย 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกคือการทำให้เกิดอิมัลชั่นของสารแกนกลางและสารเคลือบโดยสารเคลือบที่ใช้ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ หรือโปรตีน ขั้นตอนที่สอง เป็นการอบแห้งหรือทำให้อิมัลชันเย็นตัวลง โดยชนิดของไมโครแคปซูลที่ผลิตโดยเทคนิคเอนแคปซูเลชั่นมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ 1) Single core 2)Multi-core หรือ matrix encapsulation 3) Multi-wall (Nooshin, 2014)

ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากธรรมชาติจะเป็นใช้คุณประโยชน์ของการสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากหอมแดงของประเทศไทยที่มีเคอร์ซิตินซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์สูง นิยมนำมาบริโภค ราคาไม่แพง และสามารถเพาะปลูกในประเทศได้ตลอดทั้งปี ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพของการลดระดับน้ำตาลในเลือดจากสารเคอร์ซิตินนี้กับสัตว์ทดลองทั้งที่เป็นและไม่เป็นโรคเบาหวาน พร้อมทั้งใช้เทคโนโลยีไมโครเอนแคปซูเลทเพื่อช่วยรักษาประสิทธิภาพของสารสกัด เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตรของไทย ยกระดับมาตรฐานในการผลิตวัตถุดิบเพื่ออาหารสุขภาพได้และจัดทำโครงการการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อขยายผลเทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชันเพื่อทดสอบและนำเทคโนโลยีการผลิตสู่ผู้ประกอบการ ทำให้เกิดธุรกิจจากผลิตผลทางการเกษตรของไทย สร้างรายได้ห้แก่ชุมชน และประเทศต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ผลิตภัณฑ์เนยมะม่วง

นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพแล้ว ผลิตภัณฑ์เพื่อความงามและการชะลอริ้วรอยเป็นอีกหนึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในกลุ่มผู้บริโภค ในปัจจุบันสารให้ความชุ่มชื้นในเครื่องสำอางและครีมบำรุงผิว ส่วนใหญ่จะใช้ไขมันจากพืชที่มีช่วงอุณหภูมิหลอมละลายใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกาย รวมทั้งมีคุณสมบัติที่ทำให้ผิวนุ่มนวล ชุ่มชื้น และฟื้นฟูสุขภาพผิว ซึ่งไขมันที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบดังกล่าวคือ ไขมันจากเมล็ดเชียและเมล็ดโกโก้ ซึ่งเป็นไขมันจากพืชที่มีราคาแพงและไม่สามารถผลิตได้เองในประเทศ โดยราคาขายของเนยเชียอยู่ที่กิโลกรัมละ 980 บาท และเนยโกโก้อยู่ที่กิโลกรัมละ 1,500 บาท ทั้งนี้ได้มีรายงานว่าไขมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเช่นเดียวกับเนยโกโก้และเนยเชีย นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในเนื้อในเมล็ดมะม่วงยังมีผลให้ผิวขาวขึ้น ป้องกันแสงแดด และลดริ้วรอยที่เกิดขึ้น ทั้งนี้คุณสมบัติที่สำคัญเหล่านี้มีอยู่ในไขมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะม่วงซึ่งเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยทั่วไปผลมะม่วง 100 กิโลกรัม จะมีส่วนของเมล็ดถึง 15 กิโลกรัม ซึ่งถ้าสามารถนำเมล็ดมะม่วงที่เป็นส่วนเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมมาแปรรูปเป็นเนยเมล็ดมะม่วงจะช่วยลดการนำเข้าเนยโกโก้และเนยเชียที่ต้องนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในทั้งผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางของอุตสาหกรรมการแปรรูปในประเทศ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดส่วนเหลือทิ้งให้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปอีกด้วย

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้ที่มีการบริโภคมากที่สุดเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจาก ส้ม กล้วย องุ่น และแอปเปิ้ล การผลิตมะม่วงส่วนใหญ่จะอยู่ในทวีปเอเชีย ซึ่งมีสัดส่วนการผลิตมากกว่าร้อยละ 75 ของการผลิตทั่วโลก ผู้ผลิตมะม่วงรายใหญ่ที่สุดคือประเทศอินเดียซึ่งมีผลผลิตมะม่วงสูงถึงร้อยละ 42 ของปริมาณมะม่วงที่ผลิตได้ทั้งโลก รองลงมาคือประเทศจีน ไทย อินโดนีเซีย และเม็กซิโก (Fernandez-Stark *et al.*, 2017) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2561 รายงานว่าพื้นที่ปลูกมะม่วงของประเทศไทยมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 1.97 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 3.12 ล้านตัน (ทวี, 2563) โดยผลผลิตมะม่วงกว่าร้อยละ 90 ใช้เพื่อการบริโภคในประเทศใน 3 รูปแบบด้วยกันคือ เพื่อการบริโภคผลดิบ เพื่อการบริโภคผลสุก และเพื่อการใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมแปรรูป ซึ่งโรงงานแปรรูปมะม่วงทั่วประเทศมีมากกว่า 30 แห่ง ทุกแห่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้อมะม่วงทั้งสิ้นโดยเฉพาะมะม่วงแก้วขมิ้นที่ใช้ในการแปรรูปเป็นมะม่วงกวน มะม่วงดอง และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะม่วงมีสูงถึงร้อยละ 40-50 ของวัตถุดิบมะม่วงที่เข้าสู่กระบวนการแปรรูป ในจำนวนดังกล่าวเป็นเมล็ดมะม่วงถึงร้อยละ 20-60 ส่งผลให้เกิดขยะเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

เมล็ดมะม่วงจากพันธุ์ต่าง ๆ มีปริมาณถึงร้อยละ 9 ถึง 23 ของน้ำหนักผล (Palaniswamy *et al.*, 1974) โดยจะมีส่วนที่เป็นเนื้อในเมล็ดมะม่วงอยู่ถึงร้อยละ 45-75 ของเมล็ดมะม่วงทั้งหมด เนื้อในของเมล็ดมะม่วงจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 7-12 (Gunstone, 2006) ไขมันที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีความสามารถในการเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็น emollient และ moisturizing ในเครื่องสำอางบำรุงผิว นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่สปอนิไฟด์ไม่ได้ในไขมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีความสามารถในการป้องกันยูวีจากแสงแดด และยังมีรายงานการพบสารสำคัญอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติทางเครื่องสำอาง เช่น tocopherol, phytosterol และ triterpene ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญที่ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง (Bhattacharya and Sukla, 2002) นอกจากนี้ยังมีรายงานการค้นพบสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดในไขมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง เช่น สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ และ

สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ gallic acid, ellagic acid และ gallates (Puravankara *et al*., 2000) โดยสารประกอบฟีนอลิกในไขมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงสามารถทำให้ผิวขาวขึ้นและสามารถป้องกันแสงแดดและการเกิดริ้วรอยที่เป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (González *et al.*, 2008) นอกจากนี้ Abdalla *et al*. (2007) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของสารฟีนอลิกที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อในเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ของประเทศอียิปต์ โดยพบสารแทนนิน สารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารอื่น ๆ อีกหลายชนิด ทั้งนี้อนุมูลอิสระ และ reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากกระบวนการทางชีวเคมีของร่างกาย การได้รับสารเคมีที่เป็นพิษบางอย่าง เช่น ยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือการสัมผัสกับแสงแดดนานเกินไป โดย ROS จะไปกระตุ้นให้ปริมาณของเอนไซม์ matrix metalloprotenase (MMPs) ที่มีหน้าที่ในการย่อยคอลลาเจนเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการทำลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ จึงส่งผลให้เกิดริ้วรอย และความชรา นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังเป็นสาเหตุทำให้ DNA ถูกทำลาย นำไปสู่การเกิดการหยุดวงจรชีวิตของเซลล์และการตายของเซลล์ (Jenkins, 2002) ดังนั้นการใช้เครื่องสำอางที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยในการต่อต้านหรือชะลอการเกิดความแก่ของผิวได้ นอกจากนี้ไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วงยังมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสร้างเม็ดสี (Melanogenesis) ที่ทำให้ผิวหนังมีสีหมองคล้ำลง (Schiber *et al*., 2003) โดยเอนไซม์ไทโรซิเนสเป็นเอนไซม์โมโนออกซิจิเนสที่มีทองแดง (Cu) เป็นองค์ประกอบอยู่ที่บริเวณ active site ของเอนไซม์ สามารถพบเอนไซม์ชนิดนี้ในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พืช เห็ด และรา เป็นต้น ในมนุษย์เอนไซม์ไทโรซิเนสจะเป็นเอนไซม์ตัวแรกในวิถีการสร้างเมลานิน (melanogenesis) (Khan, 2007)

ศุภมาศ และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเครื่องสำอางที่สำคัญของไขมันที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นพบว่า พบว่าเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นมีปริมาณไขมันร้อยละ 7.25 ไขมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวร้อยละ 37.89 และ 62.11 ตามลำดับ โดยมีกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักคือกรดโอเลอิก รองลงมาคือกรดสเตียริก และมีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างของมนุษย์คือ 36.75 องศาเซลเซียส เมื่อทดสอบคุณสมบัติที่จำเป็นต่อการนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง พบว่าไขมันจากเมล็ดมะม่วงแก้วขมิ้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเกณฑ์ที่ดี จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrozyl free radical scavenging method (DPPH method) และคำนวณออกมาเป็นค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 50 (SC_{50}) มีค่าเป็น 1.02 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และยังพบว่ามีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไทโรซิเนส เมื่อคำนวณเป็นความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) มีค่า 0.47 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

นอกจากคุณสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่เป็นสาเหตุของผิวหมองคล้ำแล้ว การศึกษาถึงคุณสมบัติทางเครื่องสำอางอื่น เช่น ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไฮยารูลอนิเดส เอนไซม์อีลาสเตส และเอนไซม์คอลลาจีเนส ที่เป็นสาเหตุของความหย่อนคล้อยและริ้วรอย และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการผลักดันสู่การใช้ประโยชน์และการผลิตในเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ประกอบการในประเทศสามารถใช้ประยุกต์ใช้เนยมะม่วงที่ผลิตได้ในประเทศทดแทนส่วนประกอบอื่นที่ต้องมีการนำเข้าซึ่งจะสามารถลดต้นทุนในการผลิต และจะทำให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงสินค้าที่มีคุณภาพดีได้

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการกระจายรายได้สู่ภาคเกษตรกร และภาคการผลิตในประเทศอีกด้วย ทั้งนี้ผู้ประกอบการในประเทศสามารถใช้เนยมะม่วงที่ผลิตได้ในประเทศทดแทนส่วนประกอบอื่นที่ต้องมีการนำเข้าจะสามารถลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงสินค้าที่มีคุณภาพดีได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการกระจายรายได้สู่ภาคเกษตรกร และภาคการผลิตในประเทศอีกด้วย

ดังนั้นโครงการวิจัยและพัฒนาขยายผลผลิตภัณฑ์ startup ingredient เชิงพาณิชย์จึงมีวัตถุเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และขยายผลการใช้ Startup ingredients ให้กับผู้ประกอบการอาหารเพื่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสู่การนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ โดยการจัดอบรมเทคโนโลยีการผลิต Startup ingredients สำหรับการผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และทดลองผลิตแบบขยายสเกลร่วมกับผู้ประกอบการหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชน รวมทั้งร่วมพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยและพัฒนาขยายผลผลิตภัณฑ์ startup ingredient เชิงพาณิชย์ ดำเนินการในปี 2564 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงองค์ความรู้ และเทคโนโลยีการผลิต Startup ingredients และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาศักยภาพของกลุ่มหรือธุรกิจทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรได้ โดยมีการดำเนินการถ่ายทอดองค์ความรู้ ดังนี้

การผลิตเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสจากน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง ได้จัดหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับผู้เข้าอบรมซึ่งเป็นเกษตรกร ผู้ประกอบการผลิตน้ำผลไม้ หรือผู้สนใจการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ณ ไร่สุขสมาน จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 20 คน และสามารถผลิตที่บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ พบว่าผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70.45 องศาบริกส์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช มีค่า pH 4.45 มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโครส และฟรุกโตส เป็นร้อยละ 12.53 7.26 และ 5.12 ตามลำดับ มีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.98 ปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตผลิตภัณฑ์ในทุกคุณลักษณะในระดับ ชอบมาก และผลิตภัณฑ์ผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูงที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน มีปริมาณความชื้นต่ำ ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโครสและฟรุกโตส เป็นร้อยละ 21.6 12.1 และ 8.55 ตามลำดับ และมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดเป็นร้อยละ 32.77

การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชั่นสู่เชิงพาณิชย์ ได้ดำเนินการจัดอบรมให้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มวิสาหกิจการเกษตร ศรีสะเกษแฟร์เทรด จำนวน 40 คน ณ ไร่สุขสมาน ตำบลละทาย อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีพบว่า ผู้เข้าอบรมมีความรู้ ความเข้าใจทฤษฎีและขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชั่น และมีสถานที่ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสเพื่อจำหน่ายในระดับเชิงพาณิชย์ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระดับโรงงานมีความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ โดยผลิตภัณฑ์แคปซูลเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากการสกัดหอมแดง 1 แคปซูลมีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูซิเดส 500 มิลลิกรัมกรัม มีปริมาณเคอซิตินร้อยละ 31.85 ต่อน้ำหนักตัวอย่าง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในหลอดทดลองได้เฉลี่ยร้อยละ 39.2 มีต้นทุนการผลิตเม็ดละ 0.375 บาท หากบรรจุ 100 เม็ดต่อขวด จะมีต้นทุนการผลิตขวดละ 37.5 บาท

ผลิตภัณฑ์เนยมะม่วงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นและการประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมให้ความชุ่มชื่นในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิวกับ บริษัท เบลเอ็นเอ็น ทริลเลียน จำกัด และร่วมทดลองผลิตในระดับขยายขนาดโดย บริษัท ไอเดียร์สแควร์ แลบบอลาทอรี จำกัด โดยพบว่า เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นมีความสามารถยับยั้งเอนไซม์ไฮยารูลอนิเดส กิจกรรมของเอนไซม์อีลาสเตสและเอนไซม์คอลลาจีเนสที่เป็นสาเหตุของริ้วรอยและความเหี่ยวย่นได้ การประยุกต์ใช้เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นในผลิตโลชั่นทาผิวในปริมาณร้อยละ 1 -3 จะได้ผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ได้มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.478-2555 “ผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิว” และไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และระคายเคืองกับผิวหนัง โดยผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ได้จากการขยายสเกลการผลิตจะมีค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคแตกต่างจากโลชั่นที่ผลิตในห้องปฏิบัติการอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคสูงกว่าและมีความแน่นเนื้อ การเกาะตัว ความคงตัวและดัชนีความหนืดสูงกว่าโลชันที่ผลิตได้จาก

กรมวิชาการเกษตร

ห้องปฏิบัติการ แต่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคจำนวน 20 คนด้วย 7-point hedonic scale ในด้านความพึงพอใจทั้งด้านสี ความเรียบเนียน ความหนืดของโลชัน การดูดซึม ความชุ่มชื้นของผิวหลังทา ความรู้สึกหลังทา และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์โลชัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโลชันที่ผลิตได้ในระดับขยายขนาดและโลชันที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Implementation of Startup Ingredients for Functional Food to Commercialization was performed in 2021. The objective of this project was to transfer knowledge and start-up ingredient technology for develop potential of agro-industry to farmer and entrepreneurs. Technology transferring of startup ingredient are as follow.

The flavoring agent from high pre-biotics concentrated fruit juice was set up training course at Rai Suksaman in Sisaket Province with 20 participants. The participants were farmer or fruit juice producer or people who interested on healthy food products. The results showed that high pre-biotics pineapple syrup has total soluble solid was 70.45-degree Brix and microbial content were conforming to Thai community product standard 1500/2561 syrup. The sugar, sucrose glucose fructose and fructan content of high pre-biotics pineapple syrup were 12.53, 7.26, 5.12 and 20.98 respectively. The consumer acceptance evaluation results shown that high pre-biotics pineapple syrup was accepted from general consumer with overall acceptance in very like level. In addition, the sugar, sucrose glucose fructose and fructan content of high pre-biotics pineapple powder were 21.6, 12.1, 8.55 and 32.77 respectively and low moisture content at 2.67 percent.

The encapsulated α-Glucosidase Inhibitor Production training course was conducted at Suksaman farm, Latay, Kanthararom, Sisaket province. The target group was the community enterprises, Sisaket fair trade, in Sisaket province for 40 participants. The results showed that the participants could gain knowledges and the best practice when producing encapsulated α-Glucosidase Inhibitors and there was the Original Equipment Manufacturer (OEM) for producing the products on a commercial scale. The product from OEM had the same qualities compared to producing in the laboratory. Encapsulated α-Glucosidase Inhibitors 1 capsule had 500 mg, 31.85% of quercetin, and there was 39.2% inhibition. The cost of production was 0.375 Baht per 1 capsule and the cost of 100 capsule per bottle was 37.5 Baht.

The Mango butter production and the application in cosmetic product was transferred technology to Bell NN Briliant Co., Ltd. and scale up production test at Idea Square Laboratories Co.,Ltd. The result found that Mango butter cv. 'Kaewkamin' have ability of hyaluronidase inhibition and inhibit the activity of elastase and collagenase that caused wrinkles and fine lines. When mango butter cv. 'Kaewkamin' was applied as an emollient ingredient in body lotion at 1.0%. -3.0 by weight, it was found that the laboratory produced lotion would have pH between 7.38-7.42, which met the requirement of TIS 478-2555 standards "Skin care products" and non-allergy and irritation to human skin. The properties of body lotion from scale up test were significantly different from the laboratory produced lotion. Additionally, the commercialized produced lotion also had the better texture profile in term of firmness, cohesion, consistency and index of viscosity.

กรมวิชาการเกษตร

But the results of sensory evaluation by 7-point hedonic scale from 20 panelists in terms of color, satisfaction, smoothness, viscosity, absorption, skin moisture, post-application feeling and overall acceptance of lotion was not different between the commercialized lotion and laboratory produced lotion.

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์

1. สับปะรดศรีราชา ซื้อจากตลาดไท
2. หอมแดง จังหวัดศรีสะเกษ
3. เมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น
4. เอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L (Novozyme)
5. Sodium acetate (Sigma Aldrich, FG)
6. อัลจิเนต (กรุงเทพฯเคมี, เกรดอาหาร)
7. เอทิลแอลกอฮอล์ (Labscan, AR)
8. ตัวทำละลายสำหรับการสกัดไขมัน ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์
9. เวย์โปรตีนไอโซเลท 90 (Milkspecialty, เกรดอาหาร)
10. สารเคมีสำหรับการผลิตเครื่องสำอาง ได้แก่ น้ำมันมะกอก EDTA 4Na, Glycerin, Cosmaq Cetostearyl alcohol, Cosmaq Emulsifying wax, Tween 20, Isopropyl myristate, Microcare PHC
11. เครื่องระเหยสารภายใต้สุญญากาศ (Buchi, R-100)
12. เครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบไฮโดรลิก (บริษัท ออโต้กรีนโร้ด จำกัด, Model. 12 เทอร์โบ)
13. ชุดเครื่องแก้วสกัดไขมันแบบซอกห์เลตขนาดความจุ 2,000 มิลลิลิตร
14. เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA ,T25)
15. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Labplant ,SD-06AG)
16. เครื่องหั่นสไลด์ผักผลไม้ (Robot coupe: รุ่น CL60)
17. เครื่องบรรจุแคปซูล
18. ตู้อบลมร้อน (Cabinet tray drier ; ยูซิคอร์ป จำกัด : รุ่น USC-1)
19. เครื่องวัดสี (Konica Minolta Chroma meter: รุ่น: CR-400)
20. เครื่องวัดค่ากรด-ด่าง (Metrohm)
21. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ATAGO , N1)

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการ

โครงการวิจัยประกอบด้วย 3 การทดลองซึ่งมีวิธีการดำเนินการแต่ละการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การขยายผลการผลิตเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสจากน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง

1. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 จัดทำแผนการจัดอบรมและวัสดุอุปกรณ์สำหรับการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น หรือการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง หรือการเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้น ทั้งภาคบรรยาย และปฏิบัติ ให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ

1.2 จัดการฝึกอบรมทั้งภาคบรรยาย และปฏิบัติในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น หรือการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง หรือการเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้น

2. การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

การทดสอบการผลิตผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง และเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงโดยการทำแห้งเยือกแข็ง ร่วมกับผู้เข้าอบรม โดยกลุ่มผู้เข้าอบรมสามารถผลิตได้ที่ บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ โดยมีขั้นตอนการผลิตผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง และเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นเป็นผงน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงโดยการทำแห้งเยือกแข็ง ดังนี้

1) เตรียมน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยนำสับปะรด มาล้างตัดจุก และปอกเปลือก คั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบไฮโดรลิกนำน้ำสับปะรดที่ได้ทำให้เข้มข้นโดยการระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70 องศาบริกซ์

2) เตรียมเอนแคปซูเลทเอนไซม์ pectinex ultra SP-L โดยผสมเอนไซม์และสารละลายโซเดียมแอลจิเนทความเข้มข้นร้อยละ 3 ในสารละลายโซเดียมอะซีเดตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร pH 5.6 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ทำให้เม็ดกลมขลาดเล็กโดยหยดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 แล้วกรองเอาเฉพาะเอนแคปซูเลทเอนไซม์

3) หมักน้ำสับปะรดด้วยเอนแคปซูเลทเอนไซม์ pectinex ultra SP-L โดยนำน้ำสับปะรดเข้มข้น ผสมกับสารละลายโซเดียมอะซีเดตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร pH 5.6 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เติมเอนแคปซูเลทเอนไซม์ pectinex ultra SP-L ในอัตราส่วน 15 กรัม ต่อน้ำสับปะรดผสมบัฟเฟอร์ 200 กรัม บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง กรองเอาเอนแคปซูเลทเอนไซม์ออก จะได้น้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง สามารถผลิตเป็นไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูงต์ และผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง ดังนี้

- **การผลิตไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูง** นำน้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง ระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70 องศาบริกซ์ ปรับ pH เป็น 4.5 ด้วยกรดซิตริกต้มพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที บรรจุขณะร้อนลงขวดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตรที่ล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว แล้วทำให้เย็นทันที โดยการแช่ในน้ำเย็น เก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ
- **การผลิตผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง** นำน้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง เติมมอลโตเดกซ์ตรินในปริมาณร้อยละ 20 ผสมให้เข้ากัน นำไปทำแห้งโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงและเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงโดยการทำแห้งเยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงและเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงโดยการทำแห้งเยือกแข็ง วิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาล กลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส และ ฟรุกแตน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธี 7 point-hedonic scale และคำนวณต้นทุนการผลิต

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การขยายผลการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชั่นสู่เชิงพาณิชย์

1. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1) จัดทำแผนการจัดอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชั่นทั้งภาคบรรยายและปฏิบัติ จัดเตรียมสื่อดิจิตัลเพื่อใช้ในการบรรยายเตรียมความพร้อมด้านองค์ความรู้ให้แก่ผู้รับเทคโนโลยีก่อนลงมือปฏิบัติ

2) จัดอบรมเชิงปฏิบัติการภาคปฏิบัติให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตหอมแดง จังหวัดศรีสะเกษที่สนใจการผลิตสารสกัดจากหอมแดง ใช้กระบวนการปฏิบัติแบบมีส่วนร่วมโดยให้ผู้เข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ลงมือปฏิบัติจริงกับอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือกวัตถุดิบ การจัดการวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบก่อนการสกัด การสกัดสารออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส การเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส การตรวจสอบค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การบรรจุแคปซูล การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม วิธีการผลิตรายละเอียด ดังนี้

<u>การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากหอมแดง</u>

- เตรียมหอมแดงผงอบแห้งดังนี้ ล้างหอมแดงสดด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก นำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ให้มีความหนาประมาณ 1.0±0.5 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นของแห้งและร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 80 เมช (Mesh)

- สกัดสารจากหอมแดงผง ด้วยตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 60 อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ควบคุมอุณหภูมิด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่ 60 องศาเซลเซียส แช่ไว้เป็นเวลา 8 ชั่วโมง กรองสารละลายและเทตัวทำละลายลงในตัวอย่างเพื่อสกัดซ้ำอีก 2 ซ้ำ นำสารละลายที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดันภายใต้สุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดหยาบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส

<u>การผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส</u>

- นำสารสกัดหยาบจากหอมแดงมาผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยใช้เวย์โปรตีนไอโซเลท (ร้อยละ 11 โดยมวลต่อปริมาตร) เป็นสารเคลือบในอัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารเคลือบเท่ากับ 1:5 และนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องให้มีอัตราการป้อนอยู่ในช่วง 485-695 มิลลิลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิลมขาออกอยู่ในช่วง 80-85 องศาเซลเซียส ขนาดหัวเข็ม 1.0 มิลลิเมตร

- การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสไปผลิตในรูปแบบแคปซูล นำเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสที่ผลิตได้มาบรรจุแคปซูล โดย 1 แคปซูลบรรจุสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูซิเดสได้ 0.5 กรัม คำนวณต้นทุนการผลิต โดยต้นทุนของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย หอมแดงสด เอทานอล เวย์โปรตีนไอโซเลท เม็ดแคปซูล ค่าบริการเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยการใช้หอมแดงสด 10 กิโลกรัม จะสามารถผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสในรูปแบบแคปซูลได้ 12,000 เม็ด เม็ดละ 0.5 กรัม โดยมีต้นทุนการผลิตเม็ดละ 0.46 บาท หากบรรจุ 100 เม็ดต่อขวด จะมีต้นทุนการผลิตขวดละ 46 บาท

กรมวิชาการเกษตร

2. การประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีกับผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อเข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการผ่านแบบสอบถาม โดยกำหนดสเกลระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ โดย 1 หมายถึง ไม่พอใจมาก และ 5 หมายถึง พอใจมาก อภิปรายกลุ่มแสดงความคิดเห็น ทัศนคติ ข้อเสนอแนะ ผลการประเมินคือ ระดับคะแนนความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และข้อเสนอแนะของผู้เข้าร่วมฝึกอบรม

การทดลองที่ 3 การขยายผลผลิตภัณฑ์เนยมะม่วงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1. การศึกษาคุณสมบัติทางเครื่องสำอางของเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น

1.1 ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไฮยารูลอนิเดส ตามวิธีการของ Sutthiwanjampa and Kim (2015)

เตรียมสารละลายเนยมะม่วง (ไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วง)พันธุ์แก้วขมิ้น ให้มีความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรด้วยสารละลาย dimethyl sulfoxide ความเข้มข้นร้อยละ 10 นำตัวอย่างทดสอบที่เตรียมไปบ่มกับเอนไซม์ไฮยาลูรอนิเดส และกรดไฮยารูลอนิคที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสนาน 20 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 585 นาโนเมตร และคำนวณเป็นความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไฮยารูลอนิเดสได้ร้อยละ 50 (IC_{50})

1.2 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อีลาสเตส ตามวิธีการของ Lee *et al*. (2009) และ Kim *et al*. (2010)

เตรียมสารละลายเนยมะม่วง (ไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วง)พันธุ์แก้วขมิ้นให้มีความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรด้วยสารละลาย dimethyl sulfoxide ความเข้มข้นร้อยละ 10 จากนั้นนำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อีลาสเตส โดยวัดปริมาณ p-nitrroanilide ซึ่งถูกไฮโดรไลซ์มาจากสารตั้งต้น N-Succinyl-Ala-Ala-Ala-p-nitroanilide ด้วยเอนไซม์อีลาสเตส โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร จากนั้น คำนวณเป็นความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์อีลาสเตสได้ร้อยละ 50 (IC_{50})

1.3 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส ตามวิธีการของ Park *et al*. (2005)

เตรียมสารละลายเนยมะม่วง (ไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วง) พันธุ์แก้วขมิ้นให้มีความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรด้วยสารละลาย dimethyl sulfoxide ความเข้มข้นร้อยละ 10 จากนั้นนำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนสโดยใช้ P-z peptide เป็นสารตั้งต้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 320 นาโนเมตร คำนวณเป็นความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนสได้ร้อยละ 50 (IC_{50})

2. การประยุกต์ใช้เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิว

ทำการประยุกต์ใช้เนยมะม่วง (ไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วง) พันธุ์แก้วขมิ้นเป็นส่วนผสมที่ให้ความชุ่มชื่นในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิวสูตรทางการค้า โดยแปรปริมาณเนยมะม่วงในปริมาณร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0 สำหรับสูตรควบคุมจะใช้น้ำมันมะกอกร้อยละ 3.0 ในการผลิต
จากนั้นนำโลชันทาผิวที่ผลิตได้มาทดสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ได้แก่

2.1 ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta Chroma meter: model: CR-400

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างแบบพกพา Testo รุ่น 206 pH 1

กรมวิชาการเกษตร

2.3 แรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค (Zeta potential)

วิเคราะห์แรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค (Zeta potential) ด้วยเครื่อง Zetasizer Nanoseries รุ่น S4700 ทำการวัดค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

Table 1 Formulation of body lotion with the varied concentration of mango butter

Ingredients % (w/w)	Function	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Aqua	Solvent	81.3	81.3	81.3	81.3
EDTA 4Na	chelating agent	0.1	0.1	0.1	0.1
Glycerol, Glycerin	Humectant	3.0	3.0	3.0	3.0
Viscolam AT 100P	Emulsifier/ Thickener	2.0	2.0	2.0	2.0
Cosmaq Cetostearyl alcohol	Emulsifier/ Thickener	2.0	2.0	2.0	2.0
Cosmaq Emulsifying wax	Emulsifier/ Thickener	3.0	3.0	3.0	3.0
Tween 20	Emulsifier	2.0	2.0	2.0	2.0
Olive oil	Emollient	3.0	2.0	1.0	0.0
Mango seed butter	Emollient	0.0	1.0	2.0	3.0
Isopropyl myristate	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
Microcare PHC	Preservative	0.6	0.6	0.6	0.6

ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture profile analysis) ของโลชันในด้านความแน่นเนื้อ (firmness) การเกาะตัวกัน (cohesiveness) ความคงตัว (consistency) และค่าดัชนีความหนืด (index of viscosity ด้วยเครื่อง Texture analyser ยี่ห้อ Stable Micro Systems Texture analyzer รุ่น TA-XT PLUS (ประเทศอังกฤษ) ด้วยวิธีการ back extrusion โดยบรรจุตัวอย่างโลชันในถ้วยอะคริลิคใส (extrusion cell) ขนาดความสูง 69 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 50 มิลลิเมตร ให้มีความสูงของโลชันประมาณ 4 เซนติเมตร และใช้หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร โดยใช้ความเร็วในการทดสอบ 1 มิลลิเมตร/วินาที

2.5 การทดสอบการแพ้

ทำการทดสอบการแพ้และระคายเคืองในตัวอย่างโลชันที่มีเนยมะม่วงเป็นส่วนผสมที่ร้อยละ 1.0 และ 3.0 ด้วยวิธีการทดสอบแบบ single patch test โดยใช้ผู้ทดสอบอายุ 20-58 ปี จำนวน 33 คน (ทำการทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านผิวหนังจากบริษัท เดิร์มสแกนเอเชีย จำกัด)

กรมวิชาการเกษตร

2.6 คำนวณต้นทุนการผลิต

ทำการคำนวณต้นทุนการผลิตโลชันผสมเนยเมล็ดมะม่วงสูตรที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการ

3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้กับผู้ประกอบการและทดลองผลิตในระดับขยายขนาด

ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วงและการผลิตโลชันทาผิวให้กับ บริษัท เบลเอ็นเอ็น ทริลเลียน จำกัด และทดลองผลิตโลชันทาผิวในระดับขยายขนาดโดย บริษัท ไอเดียร์สแควร์ แลบบอลาทอรี จำกัด และตรวจวัดคุณภาพผลผลิตที่ได้ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง แรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อโลชันที่ผลิตได้ และปริมาณจุลินทรีย์ตามมอก. 478-2555 “ผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิว” รวมถึงทดสอบการยอมรับระหว่างโลชันสูตรที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการและการผลิตระดับขยายขนาดในด้านความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน การซึมสู่ผิว ความชุ่มชื้น ความรู้สึกบนผิวหลังทา และความชอบโดยรวม โดยใช้ 7-point hedonic scale กับผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ด้วยวิธี paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

การทดลองที่ 1 การขยายผลการผลิตเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสจากน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง

1. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การจัดทำแผนการจัดอบรมและวัสดุอุปกรณ์สำหรับการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น การผลิตน้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง การเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้น ทั้งภาคบรรยาย และปฏิบัติ ให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ โดยจัดสื่อวิดิโอและนำเสนอในรูปแบบ PowerPoint เพื่อจัดแสดงกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง และจัดเตรียมองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ ได้แก่ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับใยอาหารและพรีไบโอติกส์ การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง เทคนิคการเอนแคปซูลเลท

การจัดอบรมหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง และการเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงโดยการผลิตเป็นผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ผู้เข้าอบรมเป็นเกษตรกร ผู้ประกอบการผลิตน้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น หรือผู้สนใจการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ในวันที่ 18 มีนาคม 2564 ณ ไร่สุขสมาน ตำบล ละทาย อำเภอ กันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ มีผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 24 คน (Figure 1)

2. การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

การทดลองผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง และการเอนแคปซูเลทน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงโดยการผลิตเป็นผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง กับกลุ่มเกษตรกรผู้ประกอบการผลิตน้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น และผู้สนใจการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ สามารถติดต่อสถานที่ผลิต คือ บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ เป็นโรงงานรับจ้างผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารเสริม และสมุนไพรแคปซูล โดยโรงงานดังกล่าวได้รับมาตรฐานการผลิต GMP HACCP และ HALAL สามารถขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์กับองค์การอาหาร และยาให้กับสินค้าของผู้จ้างผลิตได้

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Workshop on High pre-biotics pineapple juice and encapsulation processing.

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกส์สูงและเอนแคปซูเลทน้ำผลไม้เข้มข้นพรีไบโอติกสูงโดยการทำแห้งเยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์และผงสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง สามารถใช้เป็นเครื่องดื่มแต่งกลิ่นรสเข้มข้นหรือแห้งที่ใช้สำหรับทำเครื่องดื่ม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๓๘๑) พ.ศ. ๒๕๕๙ เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งมีทั้งชนิดผง และไซรัป การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์และผงสับปะรดพรีไบโอติกส์สูงให้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมี องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ และปริมาณน้ำตาล

การผลิตไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูงต์ โดยนำน้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง ระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70 องศาบริกซ์ ปรับ pH เป็น 4.5 ด้วยกรดซิตริก ต้มพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที บรรจะลงขวดแก้วขณะร้อน จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นของเหลวข้น สีเหลืองส้มมีกลิ่นหอมของกลิ่นสับปะรด ดังแสดงใน Figure 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ และปริมาณน้ำตาล ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์ เทียบกับน้ำสับปะรดเข้มข้น แสดงดัง Table 2 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70.45 องศาบริกส์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช มีค่า pH 4.45 มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโครส และฟรุกโตส เป็นร้อยละ 12.53 7.26 และ 5.12 ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากปริมาณน้ำตาลในน้ำสับปะรดเข้มข้นก่อนนำมาหมักด้วยเอนไซม์เพื่อเพิ่มปริมาณพรีไอโอติกส์ โดยจะเห็นได้ว่าไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูงมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.98 สำหรับการผลิตผงน้ำสับปะรดพรีไบโอติกสูง โดยนำน้ำสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง เติมมอลโตเดกซ์ตรินในปริมาณร้อยละ 20 ผสมให้เข้ากัน นำไปทำแห้ง

โดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะได้ผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูงที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมของสับปะรด ดัง Figure 3 มีปริมาณความชื้น 2.67 มีปริมาณ ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโครสและฟรุกโตส เป็นร้อยละ 21.6 12.1 และ 8.55 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณลดลงจากน้ำสับปะรดเข้มข้นเช่นเดียวกัน และมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดเป็นร้อยละ 32.77 โดยในผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง และผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง จะมีปริมาณเถ้าสูงกว่าน้ำสับปะรดเข้มข้นเนื่องมาจากเกลือของบัฟเฟอร์ที่เติมในขั้นตอนการหมักเอนไซม์เพื่อเพิ่มปริมาณพรีไบโอติกส์

Figure 2 high pre-biotics pineapple syrup.

Figure 3 high prebiotic pineapple powder.

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 Chemical Properties, approximate chemical composition, and sugar content of 100 g of concentrated pineapple juice, high prebiotics pineapple syrup and high prebiotics pineapple powder.

Properties	concentrated pineapple juice	Syrup high prebiotics pineapple juice	High prebiotics Pineapple powder
Total soluble solid (degree brix)	72.50	70.45	-
pH	3.63	4.45	-
Sucrose (percent)	40.50	12.53	21.6
Glucose (percent)	9.81	7.26	12.1
Fructose (percent)	9.87	5.12	8.55
Fructan (percent)	1.23	20.98	32.77
Ash (g/100 g)	1.97	3.89	6.43
Moisture (g/100 g)	27.83	28.96	2.67
Protein (g/100 g)	1.64	1.54	1.39
Total carbohydrate (g/100 g)	68.56	59.07	79.85
Total dietary fiber (g/100 g)	7.21	6.54	9.38
Total Fat (g/100 g)	0.00	0.00	0.28

3.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง และผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง แสดงดัง Table 3 พบว่าในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์รา *Staphylococcus aureas* และ *Salmonella spp.* และ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช ส่วนผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างสูง คือ 4.4 x 10^3 แต่ก็มีปริมาณต่ำกว่า 1 x 10^4 CFU/g ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานในหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ คาดว่าน่าจะมาจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเตรียมตัวอย่างก่อนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Microbial properties of high prebiotics pineapple syrup and high prebiotics Pineapple powder.

Properties	High prebiotics pineapple syrup	High prebiotics Pineapple powder	Reference standard*
Total Plate Count at 35 °C (CFU/g)	<10	4.4×10^3	1×10^4
Total Yeasts and Moulds (CFU/g)	<10	<10	<100
Staphylococcus aureus (MPN/0.1 g)	Not Detected	<10	≤ 10
Salmonella in 25 g	Not Detected	Not Detected	Not Detected

*Thai community product standard 1500/2561 Syrup

4.3 ปริมาณสารปนเปื้อน

การวิเคราะห์ปริมาณสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนู ทองแดง และตะกั่ว ของผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง และผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง ให้ผลแสดงดัง Table 4 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง และผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง มีปริมาณสารหนู ทองแดง และตะกั่ว ในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเกณฑ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

Table 4 The contaminants in high prebiotics pineapple syrup and high prebiotics Pineapple powder.

Properties	Unit	High prebiotics pineapple syrup	High prebiotics Pineapple powder	Reference standard*
Arsenic (As)	mg/kg	0.03	Not Detected	2
Lead (Pb)	mg/kg	<0.03	<0.04	0.5
Copper (Cu)	mg/kg	<0.03	0.90	20

*ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

3.4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ช่วงอายุ 20 – 65 ปี เพศหญิง 24 คน และเพศชาย 6 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale ในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม ของตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง ให้ผลแสดงดัง Table 5 จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบในทุกด้านได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบมาก เนื่องจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูงมีกลิ่นรสของสับปะรดตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม

กรมวิชาการเกษตร

Table 5 Sensory score of high prebiotics pineapple syrup.

Properties	Sensory score
Apperence	5.98
Color	6.13
Smell	6.12
Favor	6.26
Texture	6.02
Overall liking	6.11

3.5 การคำนวณต้นทุนการผลิต

การคำนาณต้นทุนการผลิตโดยกำหนดราคาต้นทุนวัตถุดิบต่าง ๆ ดังนี้

สับปะรด	1 กิโลกรัม	20	บาท
pectinex ultra SP-L (4,213 U/mL)	1 ลิตร	10,500	บาท
Sodium acetate	1 กิโลกรัม	4,500	บาท
Sodium alginate	100 กรัม	100	บาท
Calcium chloride	1 กิโลกรัม	34	บาท
น้ำส้มสายชู	700 มิลลิลิตร	23	บาท
ขวดแก้วพร้อมฝา	1 ใบ	7	บาท

- สับปะรด 625 กิโลกรัมจะได้น้ำสับปะรด 200 กิโลกรัม ได้น้ำสับปะรดเข้มข้น 38 กิโลกรัม ได้ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูง 45 กิโลกรัม

- คิดต้นทุนการผลิต ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูง 45 กิโลกรัม ดังนี้

สับปะรด 200 กิโลกรัม	12,500	บาท
pectinex ultra SP-L (4,213 U/mL) ปริมาณ 1.9 ลิตร	19,950	บาท
Sodium acetate 1.3 กิโลกรัม	6,600	บาท
Sodium alginate 90 กรัม	90	บาท
Calcium chloride 6 กรัม	2	บาท
น้ำส้มสายชู 700 มิลลิลิตร	23	บาท
ขวดแก้วพร้อมฝา 1500 ใบ	10,500	บาท
รวม	**49,665**	**บาท**

ดังนั้นจึงคิดเป็นต้นทุนไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูงบรรจุขวด ขนาด 30 กรัม ขวดละ 33.11 บาท จึงจัดได้ว่ามีราคาต้นทุนสูง ทั้งนี้เนื่องจากราคาวัตถุดิบ เช่น สับปะรด และ เอนไซม์ pectinex ultra SP-L 1 รวมถึงราคาขวดแก้ว เป็นราคาขายปลีก ซึ่งมีราคาสูงกว่าราคาในเชิงอุตสาหกรรมมาก

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การขยายผลการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชั่นสู่เชิงพาณิชย์

1. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1) จัดทำแผนการจัดอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชั่น โดยกลุ่มเป้าหมายของการจัดอบรม คือ กลุ่มวิสาหกิจการเกษตร ศรีสะเกษแฟร์เทรด จำนวน 40 คน วันที่ 17 มีนาคม 2564 ณ ไร่สุขสมาน ตำบลละทาย อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้ภาคบรรยายผ่านสื่อดิจิตัล ได้แก่ คลิปวิดีโอ การนำเสนอในรูปแบบ powerpoint และทดลองเรียนรู้ปฏิบัติจริงในการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชั่น โดยรายละเอียดเนื้อหาการฝึกอบรม ดังนี้

<u>หัวข้อการฝึกอบรม</u>

1) ภาคทฤษฎี

- สารสำคัญและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของหอมแดง
- ความสำคัญของเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง หรือ NCDs (Non-Communicable Diseases)
- เทคนิคการเอนแคปซูเลชั่นและประโยชน์ของการเอนแคปซูเลชั่น
- การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสในรูปแบบแคปซูลจากสารสกัดหอมแดง

2) ภาคปฏิบัติ

- การเตรียมวัตถุดิบหอมแดงที่เหมาะสมก่อนการสกัด
- การเตรียมตัวทำละลายเพื่อสกัดสารจากหอมแดง
- การสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากหอมแดง
- การระเหยตัวทำลายจากสารสกัดหอมแดง
- การวัดค่าคุณภาพสารสกัดหอมแดง
- การเก็บรักษาสารสกัดหอมแดงที่เหมาะสม
- การห่อหุ้มสารสกัด (เทคนิคการเอนแคปซูเลชั่น) โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย
- การบรรจุแคปซูลสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส
- บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส

2) จัดอบรมเชิงปฏิบัติการภาคปฏิบัติให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตหอมแดง จังหวัดศรีสะเกษ

ผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้เทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชั่นทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ (Figure 4) ดังนี้

- การเตรียมวัตถุดิบหอมแดงที่เหมาะสมก่อนการสกัด โดยนำหอมแดงมาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก นำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ให้มีความหนาประมาณ 1.0±0.5 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นของแห้ง และร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 80 เมช (Mesh)

- การเตรียมตัวทำละลายเพื่อสกัดสารจากหอมแดง โดยเตรียมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 600 มิลลิลิตรและเติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร จะได้เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 60 เพื่อเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากหอมแดงผง

- การสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากหอมแดง ด้วยตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 60 อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ควบคุมอุณหภูมิด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่ 60 องศาเซลเซียส แช่ไว้เป็นเวลา 8 ชั่วโมง กรองสารละลายและเทตัวทำละลายลงในตัวอย่างเพื่อสกัดซ้ำอีก 2 ซ้ำ

- การระเหยตัวทำลายจากสารสกัดหอมแดง ผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้หลักการทำงานของเครื่องระเหยแบบลดความดันภายใต้สุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator) และวิธีการนำสารละลายที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดันภายใต้สุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดหยาบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส

- การวัดค่าคุณภาพสารสกัดหอมแดง ผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้เครื่องมือและวิธีที่ใช้ในการวัดค่าคุณภาพของสารสกัดหอมแดง ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

- การเก็บรักษาสารสกัดหอมแดงที่เหมาะสม ผู้เข้าอบรมได้รับฟังปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส โดยสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอล-ฟ่ากลูโคซิเดสจากสารสกัดหอมแดงคือเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- การห่อหุ้มสารสกัด (เทคนิคการเอนแคปซูเลชั่น) โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย สาธิตหลักการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยและสาธิตการห่อหุ้มสารสกัดเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยนำสารสกัดหยาบจากหอมแดงมาเคลือบด้วยเวย์โปรตีนไอโซเลท (ร้อยละ 11 โดยมวลต่อปริมาตร) ในอัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารเคลือบเท่ากับ 1:5 และนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องให้มีอัตราการป้อนอยู่ในช่วง 485-695 มิลลิลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิลมขาออกอยู่ในช่วง 80-85 องศาเซลเซียส ขนาดหัวเข็ม 1.0 มิลลิเมตร

- การบรรจุแคปซูลสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส โดยผู้เข้าอบรมได้ใช้เครื่องบรรจุแคปซูลขนาด 100 เม็ด เพื่ออัดแคปซูลเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส

- บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส โดยบรรจุในขวดพลาสติกทึบแสง ขนาดบรรจุ 100 เม็ดต่อขวด

Figure 4 Training course of how to produce supplements from shallots.

3) กลุ่มผู้เข้าฝึกอบรมเยี่ยมชมสถานที่ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ (Figure 5) ซึ่งหลังจากผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชันทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ผู้จัดการอบรมได้นำผู้เข้าอบรมไปเยี่ยมชมสถานที่ผลิตในระดับโรงงานอุตสาหกรรม คือ บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งเป็นโรงงานรับจ้างผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและสมุนไพรบรรจุแคปซูล โดยโรงงานดังกล่าวได้รับมาตรฐานการผลิต GMP HACCP และ HALAL สามารถขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์กับองค์การอาหารและยาให้กับสินค้าของผู้จ้างผลิตได้ โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศรีสะเกษแฟร์เทรดได้ว่าจ้างบริษัทปัจจัยชีวี จำกัด เพื่อทดลองผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากหอมแดงจำนวนครั้งละ 100 กิโลกรัม โดยผลการทดลองผลิตในระดับโรงงาน พบว่า ตัวอย่างที่ผลิตได้แคปซูล 1 เม็ดมีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูซิเดส 500 มิลลิกรัมกรัม มีปริมาณเคอซิตินร้อยละ 31.85 ต่อน้ำหนักตัวอย่าง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในหลอดทดลองได้เฉลี่ยร้อยละ 39.2 มีต้นทุนการผลิตเม็ดละ 0.375 บาท หากบรรจุ 100 เม็ดต่อขวด จะมีต้นทุนการผลิตขวดละ 37.5 บาท

Figure 5 The participants visited the Original Equipment Manufacturer for producing the products on a commercial scale.

กรมวิชาการเกษตร

2. การประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีกับผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผู้เข้าอบรมได้ตอบแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้รับบริการต่อการอบรมด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ผลการสำรวจความพึงพอใจ รายละเอียดดังนี้

ผู้เข้าอบรมจำนวน 40 คน เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 35.14 เพศหญิงร้อยละ 64.86 โดยผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 37.84 เมื่อประเมินระดับความพึงพอใจด้านต่าง ๆ พบว่า

1) ด้านงานถ่ายทอดเทคโนโลยี/งานเผยแพร่

ผู้ทดสอบพึงพอใจด้านงานการถ่ายทอดเทคโนโลยี/งานเผยแพร่อยู่ในระดับพอใจ-พอใจมากในทุกหัวข้อ ได้แก่ ความชัดเจนของเนื้อหาและข้อมูล (4.65) ความชัดเจน/เข้าใจง่ายของเอกสาร (4.54) ระยะเวลาในการให้ข้อมูล (4.41) ความครบถ้วนถูกต้องของการให้ข้อมูล (4.62)

2) ความพึงพอใจต่อเจ้าหน้าที่ในการฝึกอบรม

ผู้ทดสอบพึงพอใจต่อเจ้าหน้าที่ในการฝึกอบรมอยู่ในระดับ พอใจ-พอใจมากในทุกหัวข้อ ได้แก่ ความสะดวกในการติดต่อเพื่อขอรับการอบรม (4.65) ความรู้ ความสามารถในการฝึกอบรม เช่น สามารถอธิบาย ตอบคำถาม ชี้แจงข้อสงสัย ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง น่าเชื่อถือ (4.68) ความพร้อมในการฝึกอบรม (4.65) ความซื่อสัตย์ สุจริต ในการปฏิบัติหน้าที่ เช่น ไม่ขอสิ่งตอบแทน ไม่รับสินบน ไม่หาประโยชน์ในทางมิชอบ ฯลฯ (4.68) ความเหมาะสมในการแต่งกาย บุคลิก ลักษณะท่าทางของผู้ให้บริการฝึกอบรม (4.54) การให้ความรู้ต่อผู้มารับการฝึกอบรมเท่าเทียมกัน ไม่เลือกปฏิบัติ (4.73) และการตรงต่อเวลา (4.59)

3) ความพึงพอใจต่อสิ่งอำนวยความสะดวกในการติดต่อ

ผู้ทดสอบพึงพอใจต่อสิ่งอำนวยความสะดวกในการติดต่ออยู่ในระดับ พอใจ-พอใจมากในทุกหัวข้อ ได้แก่ สะดวกในการติดต่อได้หลายรูปแบบ เช่น โทรศัพท์ ไปรษณีย์ โทรสาร เป็นต้น (4.65) ความพร้อมสถานที่ ในการอบรม การสอบถาม (4.54) ความสะอาดของสถานที่ฝึกอบรมในภาพรวม (4.43) การเปิดรับฟังข้อคิดเห็นต่อการฝึกอบรม เช่น แบบสอบถาม เป็นต้น (4.65) ช่องทางการประชาสัมพันธ์ ชัดเจน เข้าใจง่าย หลายช่องทาง เช่น เว็บไซต์ หนังสือพิมพ์ โบว์ชัวร์ เป็นต้น (4.43)

4) ความพึงพอใจต่อคุณภาพการให้บริการ

ผู้ทดสอบพึงพอใจต่อคุณภาพการให้บริการอยู่ในระดับ พอใจ-พอใจมากในทุกหัวข้อ ได้แก่ ได้รับบริการที่ตรงตามความต้องการ (4.59) ได้รับบริการที่คุ้มค่า คุ้มประโยชน์ (4.59) ผลการบริการโดยรวม (4.59)

5) ข้อคิดเห็น

ผู้เข้าอบรมได้มีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดฝึกอบรมในครั้งนี้ โดยระบุว่า จุดเด่นของการฝึกอบรมในครั้งนี้คือ ได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติจริง/การทำแคปซูลหอมแดงที่แปลกใหม่ จุดที่ควรปรับปรุงแก้ไขคือ สถานที่อบรมไม่สะดวก โดยระบุข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขคือ สถานที่อบรมควรจะสะดวกมากกว่านี้ สำหรับความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีที่ได้รับผู้เข้าอบรมระบุว่าอุปกรณ์ครบและสะอาด/เครื่องมือทันสมัย น่าสนใจ/เทคโนโลยีสมัยใหม่ เข้าใจง่าย ปรับใช้ได้ ด้านการนำใช้ประโยชน์ พบว่า สามารถนำไปต่อยอดทำธุรกิจได้/สร้างผลิตภัณฑ์และสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร

การทดลองที่ 3 การขยายผลผลิตภัณฑ์เนยมะม่วงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1. การศึกษาคุณสมบัติทางเครื่องสำอางของเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น

1.1 ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไฮยาลูรอนิเดส (hyaluronidase inhibition)

เอนไซม์ไฮยาลูรอนิเดสเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยกรดไฮยาลูรอนิคที่มีความสามารถในการกักเก็บความชุ่มชื้นใต้ผิวหนัง ส่งผลให้ผิวดูอิ่มฟูและอ่อนเยาว์ และเอนไซม์นี้ยังมีผลในการก่อให้เกิดการแพ้และการอักเสบของร่างกาย (type I allergic reactions) (Wang *et al.*, 2021) ผลการศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไฮยาลูรอนิเดสโดยคำนวณเป็นความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เอนไซม์ไฮยาลูรอนิเดสได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) พบว่าเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นจะมีค่า IC_{50} เป็น 0.14 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์

กรมวิชาการเกษตร

ไฮยาลูรอนิเดสของ Disodium cromoglycate (DSCG) ซึ่งใช้รักษาอาการแพ้ทางการแพทย์ที่มีค่ามีค่า IC_{50} เป็น 0.10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (Table 6)

1.2 ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อีลาสเตส (elastase inhibition)

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อีลาสเตส ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดริ้วรอย โดยการทำลายอีลาสตินซึ่งเป็นโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นสูงบริเวณ ผิวหนัง (Wahab *et al*., 2014) พบว่า เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นจะมีค่า IC_{50} ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อีลาสเตส เป็น 6.26 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ Epigallocatechin gallate (EGCG) ที่ใช้เป็นสารสำคัญในเครื่องสำอางที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในชาเขียว จะความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อีลาสเตสเมื่อคำนวณเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.17 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (Table 6)

1.3 ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คอลลาจีเนส (collagenase inhibition)

เอนไซม์คอลลาจีเนสเป็นอีกหนึ่งเอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดริ้วรอยและทำลายความยืดหยุ่นของผิวหนัง โดยเอนไซม์คอลลาจีเนสจะไปทำลายคอลลาเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างผิวทำให้เกิดเสื่อมสภาพของผิวหนังและทำให้เกิดริ้วรอย โดยปกติสามารถพบคอลลาเจนประมาณร้อยละ 70 - 80 ของผิวซึ่งจะช่วยทำให้โครงสร้างผิวมีความกระชับและยืดหยุ่น (Wahab *et al*., 2014) พบว่า เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นจะมีค่า IC_{50} ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คอลลาจีเนสเป็น 4.77 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่วิตามินซีที่ใช้เป็นสารสำคัญในเครื่องสำอางมีค่า IC_{50} ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คอลลาจีเนสเป็น 0.01 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (Table 6)

Table 6 The inhibition activity on hyaluronidase, elastase and collagenase of mango butter cultivar ‘Keawkamin’

Enzyme	inhibition activity (IC_{50}; mg/ml)		
	Mango seed Fat	Commercial ingredient	
Hyaluronidase	0.14	Disodium cromoglycate (DSCG)	0.10
Elastase	6.26	Epigallocatechin gallate (EGCG)	0.17
Collagenase	4.77	Vitamin C	0.01

Enzyme inhibition activity shown in this table came from an average of four replications

กรมวิชาการเกษตร

2. การประยุกต์ใช้เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิว

จากคุณสมบัติที่ดีด้านเครื่องสำอางของเนยมะม่วงในด้านความสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมไปถึงความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไทโรซิเนสและไฮยารูลอนิเดสที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพโดยมีค่า IC_{50} ของการยั้งยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และยังมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อีลาสเตสและคอลลาจีเนส จึงทำการประยุกต์ใช้เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิวในปริมาณร้อยละ 1.0-3.0 โดยน้ำหนัก เมื่อทดสอบคุณสมบัติที่สำคัญของโลชัน เช่น สี ความเป็นกรด-ด่าง แรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค (Zeta potential) ลักษณะเนื้อสัมผัสของโลชัน และการทดสอบการแพ้และระคายเคืองต่อผิวหนัง ได้ผลดังนี้

2.1 ค่าสี

โลชันทาผิวที่มีส่วนประกอบของเนยมะม่วงที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้โลชันมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง-เขียว (a*) ที่ลดลงโดยโลชันที่มีเนยมะม่วงร้อยละ 1.0-30 จะมีค่า L* และค่า a* อยู่ระหว่าง 54.20-53.81 และ 0.26-0.00 ตามลำดับ น้อยกว่าสูตรควบคุมที่ใช้น้ำมันมะกอกในสูตรร้อยละ 3.0 ซึ่งจะมีค่า L* และ a* อยู่ที่ 54.60 และ 0.44 ตามลำดับ ส่วนค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) ของโลชันจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเนยมะม่วงในสูตรเพิ่มสูงขึ้น โดยโลชันที่มีเนยมะม่วงร้อยละ 1.0-30 จะมีค่า b* อยู่ระหว่าง -0.22-0.96 ในขณะที่สูตรควบคุมมีค่า b* อยู่ที่ -0.62 การที่ค่า b* ของโลชันเพิ่มสูงขึ้นซึ่งแสดงถึงค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเนยมะม่วงเพิ่มขึ้น (Table 3) ทั้งนี้ไขมันเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดได้จะมีสีเหลืองอ่อน เนื่องจากมีแคโรทีนอยด์เป็นส่วนประกอบ โดยมีรายงานว่า ใน 1 กรัมของเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ทำแห้งแล้วจะพบแคโรทีนอยด์เป็นส่วนประกอบถึง 1.02 มิลลิกรัม (Mostafa, 2013)

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของเนยมะม่วงที่เป็นส่วนประกอบโลชันทาผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของโลชัน โดยโลชันที่มีเนยมะม่วงเป็นส่วนประกอบที่ร้อยละ 1.0, 2.0 และ 3.0 จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 7.38-7.42 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของโลชันที่มีเนยมะม่วงเป็นส่วนผสมจะสูงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้น้ำมันมะกอกร้อยละ 3.0 ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 6.95 (Table 3) แต่ค่าดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม มอก. 478-2555 “ผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิว” ที่กำหนดให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิวที่อยู่ในรูปครีม โลชัน เจล และโฟมให้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.5-7.5 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555)

2.3 แรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค (Zeta potential)

จากการประยุกต์ใช้เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิวปริมาณร้อยละ 1.0-3.0 โดยน้ำหนักพบว่า เมื่อปริมาณเนยมะม่วงในสูตรเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้เกิดแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคหรือ Zeta potential ของอิมัลชันเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงผลักระหว่างอนุภาคส่งผลให้อนุภาคไม่สามารถเข้ามาใกล้กันและเกิดการรวมตัวกันที่จะทำให้อิมัลชันเกิดการแยกชั้นได้ โดยค่า Zeta potential ที่ทำให้เกิดความเสถียรในการแขวนลอยที่ดีไม่เกิดการแยกชั้นระหว่างการเก็บรักษา ต้องมีค่าสูงกว่า 30 หรือต่ำกว่า - 30 มิลลิโวลต์ (Mirhosseini *et al*., 2007) โดยสูตรโลชันทาผิวที่มีเนยมะม่วงเป็นองค์ประกอบร้อยละ 1.0 จะมีค่า Zeta potential ที่ -22.87 มิลลิโวลท์ซึ่งถือว่ายังไม่มีความเสถียรของอิมัลชันที่ดีพอ อาจเกิดการแยกชั้นของส่วนผสมระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่โลชันทาผิวที่มีเนยมะม่วงเป็นส่วนประกอบร้อยละ

กรมวิชาการเกษตร

2.0 และ 3.0 จะมีค่า Zeta potential 36.43 และ 38.03 มิลลิโวลท์ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งถือว่ามีความเสถียรของอิมัลชันที่ดี และจะไม่เกิดการแยกชั้นของโลชันระหว่างการเก็บรักษา

Table 7 Color score, pH and Zeta potential of body lotion containing mango seed fat and control formula

Formula	Color score			pH	Zeta potential
	L*	a*	b*		(mV)
control (3.0% olive oil)	54.60 b	0.44 c	-0.62 a	6.95 a	-16.47 d
Formula 1 (1.0% of mango seed fat)	54.20 a	0.26 b	-0.22 b	7.38 b	-22.87 c
formula 2 (2.0% of mango seed fat)	53.17 a	0.24 b	-0.15 b	7.38 b	-36.43 b
Formula 3 (3.0% of mango seed fat)	53.81 a	0.00 a	0.96 c	7.42 b	-38.03 a

Averages in the same column followed by same letters are not significantly difference at 95% level by DMRT

2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เมื่อทดสอบเนื้อสัมผัสของโลชัน (texture profile analysis) ด้วยวิธี back extrusion โดยเครื่อง Texture analyzer พบว่าโลชันที่มีส่วนผสมของเนยมะม่วงเพิ่มขึ้นจะมีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) การเกาะตัวกัน (cohesiveness) ความคงตัว (consistency) และค่าดัชนีความหนืด (index of viscosity) ที่สูงขึ้น และสูงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้น้ำมันมะกอกร้อยละ 3.0 โดยโลชันที่มีส่วนผสมของเนยมะม่วงร้อยละ 1.0-3.0 จะมีค่าของลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้ดังนี้ ค่าความแน่นเนื้อ 37.10-71.33 กรัม ค่าความคงตัว 849.30-1664.69 กรัม.วินาที ค่าความคงตัว 37.91-90.52 กรัม และค่าดัชนีความหนืด 92.09-204.88 กรัม.วินาที (Table 8) โดยค่าการเกาะตัวและความคงตัวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความการรวมตัวที่ดีและความเสถียรของอิมัลชันซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อและดัชนีความหนืด โดยถ้าอิมัลชันมีเนื้อสัมผัสที่ดีจะมีค่าการเกาะตัวกันและค่าความคงตัวสูงซึ่งจะส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อและดัชนีความหนืดของตัวอย่างที่สูงขึ้น ทั้งนี้จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเนยมะม่วงในส่วนผสมของโลชัน การเพิ่มขึ้นดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบของเนยมะม่วง ซึ่งเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นมีองค์ประกอบของไขมันอิ่มตัวถึงร้อยละ 37.89 โดยน้ำหนัก และด้วยคุณสมบัติของเนยมะม่วงที่สามารถเกิดเป็นผลึกไขมันได้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 36.67 องศาเซลเซียส (ศุภมาศ, 2562) การเพิ่มขึ้นของปริมาณเนยมะม่วงจึงมีผลต่อเนื้อสัมผัสและความหนืดที่เพิ่มขึ้นของโลชัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 8 Texture profile analysis of body lotion containing mango butter cv. ‘Kaewkamin, and the control formula on firmness, consistency, cohesiveness and index of viscosity

Formula	Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g)	Index of viscosity (g.sec)
control (3.0% olive oil)	35.33 a	769.78 a	36.06 c	75.54 c
Formula 1 (1.0% of mango seed fat)	37.10 a	849.30 a	37.91 c	92.09 c
formula 2 (2.0% of mango seed fat)	56.95 b	1384.23 b	65.06 b	161.46 b
Formula 3 (3.0% of mango seed fat)	71.33 c	1664.69 c	90.52 a	204.88 a

Averages in the same column followed by same letters are not significantly difference at 95% level by DMRT

2.5 การทดสอบการแพ้

ผลการทดสอบการแพ้แบบ Single patch test ของโลชันที่มีเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นเป็นส่วนประกอบ โดยบริษัทเดิร์มสแกนเอเชีย จำกัด กับผู้ทดสอบอายุระหว่าง 22-58 ปีจำนวน 33 คน โดยให้ทาโลชันตัวอย่างที่บริเวณหลังเป็นเวลา 48 ชั่วโมงจากนั้นสังเกตและให้คะแนนอาการบวมและผื่นแดงแดงบริเวณที่ทาผลิตภัณฑ์ ผลการทดสอบพบว่าโลชันที่มีเนยมะม่วงเป็นส่วนประกอบที่ร้อยละ 1.0 และ 3.0 โดยน้ำหนักไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และระคายเคือง โดย มีค่า Mean cumulative irritation index (M.C.I.I value) ที่ 0.06 และ 0.08 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถก่อให้เกิดการแพ้ และอาการระคายเคืองจะมีค่า M.C.I.I ตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป (Greenspan et al., 2003)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพ ความคงตัว เนื้อสัมผัสของโลชัน และการแพ้ จึงคัดเลือกสูตรโลชันที่มีปริมาณเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นร้อยละ 3 เพื่อถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบและทดลองผลิตขยายขนาดเชิงพาณิชย์

2.6 คำนวณต้นทุนการผลิต

ทำการคำนวณต้นทุนการผลิตโลชันผสมเนยเมล็ดมะม่วงสูตรที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการซึ่งมีปริมาณเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นร้อยละ 3 โดยโลชันที่ผลิตได้มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 110.57 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมีรายละเอียดของส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตโลชัน 1 กิโลกรัม ดังนี้

EDTA 4Na	ราคา 0.22 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 1 กรัม	คิดเป็นเงิน 0.22 บาท
Glycerol, Glycerin	ราคา 0.06 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 30 กรัม	คิดเป็นเงิน 1.89 บาท
Viscolam AT 100P	ราคา 1.89บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 20 กรัม	คิดเป็นเงิน 37.88 บาท
Cosmaq Cetostearyl alcohol	ราคา 0.11 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 20 กรัม	คิดเป็นเงิน 2.20 บาท
Cosmaq Emulsifying wax	ราคา 0.30 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 30 กรัม	คิดเป็นเงิน 8.97 บาท
Tween 20	ราคา 0.18 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 20 กรัม	คิดเป็นเงิน 3.62 บาท

กรมวิชาการเกษตร

เนยเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น	ราคา 1.47 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 30 กรัม	คิดเป็นเงิน 44.18 บาท
Isopropyl myristate	ราคา 0.18 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 30 กรัม	คิดเป็นเงิน 5.28 บาท
Microcare PHC	ราคา 1.06 บาท/กรัม	ปริมาณที่ใช้ 6 กรัม	คิดเป็นเงิน 6.34 บาท

3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้กับผู้ประกอบการและทดลองผลิตในระดับขยายขนาด

จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นและการประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมให้ความชุ่มชื่นในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิวกับ บริษัท เบลเอ็นเอ็น ทริลเลียน จำกัด และร่วมทดลองผลิตในระดับขยายขนาดโดย บริษัท ไอเดียร์สแคร์ แลบบอลาทอรี จำกัด เมื่อทำการตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่า โลชันทาผิวที่ผลิตในระดับขยายขนาดและโลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการจะมีค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี paired t-test โลชันทาผิวที่ผลิตในระดับขยายขนาด จะมีค่าสี L* และ a* สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และมีค่าสี b* ที่น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากการผลิตระดับขยายขนาดจะมีค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองที่สูงกว่า และเมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์พบว่าโลชันทาผิวที่ผลิตในระดับขยายขนาดมีค่าอยู่ที่ 6.82 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำว่าโลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการเล็กน้อย (7.42) แต่ค่าดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม มอก. 478-2555 ที่กำหนดให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์โลชัน เจล และโฟมที่ใช้กับผิวหนังมีค่าอยู่ระหว่าง 3.5-7.5 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ส่วนค่าแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค (Zeta potential) ที่บ่งบอกถึงความคงตัวของโลชัน พบว่าโลชันที่ผลิตในระดับขยายขนาดจะมีค่าแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคเป็น -52.92 mV ซึ่งสูงกว่าโลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ (-38.03 mV) (Table 9) แสดงให้เห็นว่าวิธีการผลิตที่ต่างกันมีผลต่อความเสถียรและความคงตัวของผลิตภัณฑ์โลชันถึงแม้จะมีสูตรการผลิตที่เหมือนกัน ซึ่งค่าดังกล่าวสอดคล้องกับการทดสอบเนื้อสัมผัสของโลชันที่ผลิตในระดับขยายขนาดที่มีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) การเกาะตัวกัน (cohesiveness) ความคงตัว (consistency) และค่าดัชนีความหนืด (index of viscosity) ที่สูงกว่าโลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ (Table 10) สำหรับผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวที่มีส่วนประกอบของเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นที่ผลิตได้จากทั้งห้องปฏิบัติการและการผลิตระดับขยายขนาดมีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน มอก 488-2555 “ผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิว” ในด้านปริมาณ Aerobic plate Count , *Candida albicans*, *Clostridium* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* รวมทั้งปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ (Table 11)

กรมวิชาการเกษตร

Table 9 Color score, pH and Zeta potential of body lotion containing mango butter cv. ‘Keawkamin’ produced in lab and commercialized scale

Formula	Color score			pH	Zeta potential
	L*	a*	b*		(mV)
Lab scale	53.81	0.00	0.96	7.42	-38.03
Commercialized scale	53.93	0.37	0.65	6.82	-52.92
t-test	20.78**	110.00**	26.85**	68.41**	13.19**

** indicates significant difference at the 0.01 level

Table 10Texture profile analysis of body lotion containing mango butter cv. 'Keawkamin' produced in lab and commercialized scale

Formula	Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g)	Index of viscosity (g.sec)
Lab scale	71.33	1664.69	90.52	204.88
Commercialized scale	802.99	9987.22	797.71	1189.25
t-test	54.78**	8.60*	92.30**	10.67**

** indicates significant difference at the 0.01 level

* indicates significant difference at the 0.05 level

Table 11 Microbial analysis of body lotion containing mango butter cv. 'Keaekamin' produced in lab and commercialized scale following the standard of Tis 478 - 2555

Tested item	Mango-butter lotion	Tis 478 -2555
Aerobic plate Count	< 10 cfu/g	1000 cfu/g
Candida albicans	ND	ND
Clostridium spp.	ND	ND
Pseudomonas aeruginosa	ND	ND
Staphylococcus aureus	ND	ND
Yeasts and Molds	< 100 cfu/g	1000 cfu/g

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อนำผลิตภัณฑ์โลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการและระดับขยายขนาดมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบด้วยวิธี 7-point hedonic scale พบว่าผู้บริโภคให้ความพึงพอใจทั้งด้านสี ความเรียบเนียน ความหนืดของโลชัน การดูดซึม ความชุ่มชื้นของผิวหลังทา ความรู้สึกหลังทา และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์โลชันที่ผลิตในระดับขยายขนาดสูงกว่าผลิตภัณฑ์โลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ (Table 12) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของโลชันที่ผลิตในระดับขยายขนาดที่มีค่าความแน่นเนื้อ การเกาะตัวกัน ความคงตัว และค่าดัชนีความหนืด และค่าแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคที่สูงกว่าโลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ

Table 12 Sensory evaluation of lab-scale and commercialize-scale of mango seed fat body lotion by 7-point hedonic scale

method	color	consistency	viscosity	absorption	moisturizing	after use	overall
Lab scale	5.7	5.65	4.8	4.6	5.4	4.95	5.15
Commercialized scale	5.75	5.75	5.1	4.7	5.5	5.15	5.4
t-test	0.56^{ns}	0.49^{ns}	0.77^{ns}	0.26^{ns}	0.37^{ns}	0.54^{ns}	0.72^{ns}

^{ns} indicates not significant

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนาขยายผลผลิตภัณฑ์ startup ingredient เชิงพาณิชย์ มีการจัดอบรมและถ่ายทอดเทคโนยี ผลิตภัณฑ์ startup ingredient ดังนี้

การผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง และการเอนแคปซูเลทน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกส์สูง จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ ณ ไร่สุขสมาน จังหวัดศรีศะเกษ โดยผู้เข้าอบรมสามารถผลิตที่บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ จะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง และผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูง การผลิตไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกสูงต์ผลิตภัณฑ์ไซรัปสับปะรดพรีไบโอติกส์สูง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70.45 องศาบริกส์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช มีค่า pH 4.45 มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโครส และฟรุกโตสเป็นร้อยละ 12.53 7.26 และ 5.12 ตามลำดับ มีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.98 ปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในทุกคุณลักษณะในระดับ ชอบมาก ส่วนการผลิตผงน้ำสับปะรดพรีไบโอติกสูง จะได้ผงน้ำสับปะรดเข้มข้นพรีไบโอติกสูงที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน มีปริมาณความชื้นต่ำ ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโครสและฟรุกโตส เป็นร้อยละ 21.6 12.1 และ 8.55 ตามลำดับ และมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดเป็นร้อยละ 32.77 มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างซึ่งอาจต้องระวังการปนเปื้อนในขั้นตอนการผลิต ส่วนปริมาณยีสต์รา *Staphylococcus aureas* และ *Salmonella spp* มีปริมาณต่ำ มีปริมาณสารหนู ทองแดง และตะกั่ว ในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเกณฑ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องดื่มแต่งกลิ่นรสเข้มข้นหรือแห้งที่ใช้สำหรับทำเครื่องดื่ม หรือแต่งหน้าผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หรือไอศกรีมได้

การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชั่นสู่เชิงพาณิชย์ ซึ่งดำเนินการถ่ายทอดกับกลุ่มศรีสะเกษแฟร์เทรด จำนวน 40 คน วันที่ 17 มีนาคม 2564 ณ ไร่สุขสมาน ตำบลละทาย อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ โดยผู้เข้าอบรมมีความรู้ ความเข้าใจทฤษฎีและขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชั่น และมีสถานที่ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสเพื่อจำหน่ายในระดับเชิงพาณิชย์ได้ ที่บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ สามารถสร้างธุรกิจและเพิ่มมูลค่าให้กับหอมแดงซึ่งเป็นผลผลิตหลักของจังหวัดศรีสะเกษได้ โดยผลิตภัณฑ์แคปซูลเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากการสกัดหอมแดง โดยแคปซูล 1 เม็ดมีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูซิเดส 500 มิลลิกรัมกรัม มีปริมาณเคอซิตินร้อยละ 31.85 ต่อน้ำหนักตัวอย่าง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในหลอดทดลองได้เฉลี่ยร้อยละ 39.2

การผลิตเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นและการประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมให้ความชุ่มชื่นในผลิตภัณฑ์โลชันทาผิว ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับ บริษัท เบลเอ็นเอ็น ทริลเลียน จำกัด และร่วมทดลองผลิตในระดับขยายขนาดโดย บริษัท ไอเดียร์สแควร์ แลบบอลาทอรี จำกัด โดยเนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นที่สกัดได้ด้วยวิธีซอกห์เล็ตและใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์เป็นตัวทำละลายมีคุณสมบัติทางเครื่องสำอางในด้านต่าง ๆ ที่ดี ได้แก่ ความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไฮยารูลอนิเดส และยังมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อีลาสเตสและคอลลาจีเนส เมื่อประยุกต์ใช้เนยมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นเป็นส่วนประกอบในผลิตโลชันทาผิวที่ปริมาณร้อยละ 1.0-3.0 โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 478-2555 “ผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิว”และไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และระคายเคืองโดยการทดสอบแบบ Single patch test การทดลองผลิตในระดับขยายขนาด พบว่าโลชันที่ผลิตในระดับขยายขนาดจะมีค่าแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาค รวมถึงค่าความแน่นเนื้อ (firmness) การเกาะตัวกัน (cohesiveness) ความคงตัว (consistency) และค่าดัชนีความหนืด (index of viscosity) สูงกว่าโลชันที่ผลิตได้จากห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าวิธีการผลิตที่ต่างกันมีผลต่อความเสถียรและความคงตัวของผลิตภัณฑ์โลชันถึงแม้จะมีสูตรการผลิตที่เหมือนกัน

ข้อเสนอแนะ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาศักยภาพด้านการผลิตหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณอาหารเพื่อสุขภาพ และเครื่องสำอางจากธรรมชาติ ควรมีการพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดทำองค์ความรู้ การดำเนินงานพัฒนาและผลิตงานวิจัยหรือผลิตภัณฑ์ร่วมกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ซึ่งจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีให้มีศักยภาพสูงขึ้นได้

บรรณานุกรม

ทวี มาสขาว. 2563. กระทรวงเกษตรฯ เชิญชวนส่วนราชการและประชาชนช่วยอุดหนุนมะม่วงคุณภาพดีเป็นของขวัญ ของฝาก หวังช่วยลดผลกระทบและช่วยเหลือเกษตรกรฝ่าวิกฤติ COVID-19. สืบค้นจาก: https://www.thaigov.go.th/news/contents/details/28255. [30 กันยายน 2563].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. มปป. Concentrated fruit juice/น้ำผลไม้เข้มข้น. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com [12 พฤศจิกายน 2562].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. มปป. Prebiotic / พรีไบโอติก. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com [12 พฤศจิกายน 2562].

ศุภมาศ กลิ่นขจร สุปรียา ศุขเกษม และ วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร. 2562. การผลิตเนยเมล็ดมะม่วงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. หน้า 385-400.

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม "ผลิตภัณฑ์ทาบำรุงผิว" มอก. 478-2555.* สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 7 หน้า.

Abdalla, A.E.M., Darwish, S.M., Ayad, E.H.E. and El-Hamahmy, R.M. 2007. Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. Food Chem. 103: 1134-1140.

Abrams, S. A., Griffin, I. J., Hawthorne, K. M., Liang, L., Gunn, S. K., Darlington, G., et al. (2005). A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. The American Journal of Clinical Nutrition, 82(2), 471-476.

Ahmed, OM., Moneim, AA., Mahmoud, AM. 2010. Antihyperglicemic antihyperlipidemic and antioxidant effects and the probable mechanisms of action of Ruta graveolens infusion and rutin in nicotinamide-streptozotocininduced diabetic rats. *Diabetologia Croatica* 39: 15-35

Bhattacharya, K. and Sukla, K.S. 2002. Mango butter in cosmetic formulation. *Cosmetic and toiletries magazine*. 117(6): 65-70.

Brewer, M. S. 2011. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10(4): 221-247.

Deutschlander, M.S., van de Venter, M., Roux, S., Louw, J. and Lall, N. 2009. Hypoglycaemic activity of four plant extracts traditionally used in South Africa for diabetes. *Journal of Ethnopharmacol* 124(3): 619-624.

Fernandez-Stark, K., Couto, V. and Gereffi G. 2017. *The mango global value chain*. In The Philippines in the Mango Global Value Chain. (The Duke University Center on Globalization, Governance & Competitiveness), pp. 2-18.

Gerich, J.E., Meyer, C., Woerle, H.J. and Stumvoll, M. 2001. Renal gluconeogenesis: its importance in human glucose homeostasis. *Diabetes Care* 24(2): 382-391.

González, S., Fernádez-Lorente, M. and Gilaberte-Calzada, Y. 2008. The latest on skin photoprotection. *Clinics in Dermatology* 26(6): 614-626.

Greenspan A, Loesche C, Vendetti N, Georgeian K, Gilbert R, Poncet M, Baker MD, Soto P. 2003. Cumulative irritation comparison of adapalene gel and solution with 2 tazarotene gels and 3 tretinoin formulations. *Cutis* 72(1):76-81.

Guariguata, L., Whiting, D.R., Hambleton, I., Beagley, J., Linnenkamp, U. and Shaw, J.E. 2014.Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Research Clinical Practice* 103(2): 137-49.

Gunstone, F.D. 2006. *Minor specialty oils. In Nutraceutical and Specialty Lipids and Their Co-products*. CRC Taylor & Francis, Florida, USA. pp. 91-126.

Henderson, W. E. 2010. U.S. Patent No. 2010/0040728 A1.

กรมวิชาการเกษตร

Jenkins, G. 2002. Molecular mechanisms of skin ageing. *Mechanisms of Ageing and Development* 123(7): 801-810.

Kang, L. P, Liu, Z. J., Zhang, L., Tan, D. W., Zhao, Y., Zhao, Y., Chen, H. B. and Ma, B. P.2007. New furostanol saponins from *Allium ascalonicum* L. *Magnetic Resonance in Chemistry* 45(9): 725-33.

Khan, M.T.H. 2007. Molecular design of tyrosinase inhibitors: A critical review of promising novel inhibitors from synthetic origins. *Pure and Applied Chemistry*. 79: 2277–2295.

Kim, S.J., Sancheti, S., Sancheti, S., Um, B.H., Yu, S.M. snd Seo, S.Y. 2010. 1,2,3,4,6-penta-o-galloyl-β-d-glucose on elastase and hyaluronidase activities and its type II collagen expression. *Acta Pol Pharm*. 67(2): 145-150.

Kleessen, B., and Blaut, M. (2005). Modulation of gut mucosal biofilms. The British Journal of Nutrition, 93, S35-S40.

Lee, S.H., Sancheti, S., Sancheti, S. and Seo, S.Y. 2009. Potent antielastase and Antityrosinase activities of *Astilbe chinensis*. American Journal of Pharmacology and Toxicology 4(4): 127-129.

Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science & Technology* 41(1): 1-21.

Mirhosseini, H., Yosof, S., Hamid, N.S.A. and Tan, C.P. 2007. Solid-Phase microextraction for head space analysis of key volatile compounds of arabic gum, xanthan gum and orange oil affecting on turbidity, cloudiness, average particle size, polydispersity index and density in orange beverage emulsion. *Food Chemistry* 105: 1659–1670.

Mostafa, U.E. 2013. Phenolic compounds and antioxidant potential of mango peels and kernels (*Mangifera indica* L.) on the frying oil stability, lipid profile and activity of some antioxidant serum enzymes in rats. *J. Am. Sci*. 9 (11): 371-378.

Nooshin Noshirvani. 2014. An overview of encapsulation technologies for food. [Online]. Available: http://www.foodscitechnology.co.uk [Accessed 11 November 2021].

Nyman, M. 2002. Fermentation and bulking capacity of ingestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. *The British Journal of Nutrition*. 87: S163-S168.

Palaniswamy, K.P., Muthukrishna, C.R., and Shanmugavelu, K.G. 1974. Physicochemical characteristics of some varieties of mango. *Indian Food Packer*. 28(5): 12-18.

Pantidos, N., Boath, A., Lund, V., Conner, S. and McDougall, G.J. 2014. Phenolic-rich extracts from the edible seaweed, ascophyllum nodosum, inhibit α-amylase

and **α**-glucosidase: Potential anti-hyperglycemic effects. *Journal of functional foods* 10: 201–209.

Park, H., Sin, B.Y. and Kim, H.P. 2005. Inhibition of collagenase by anti-inflammatory synthetic flavones. *The Journal of Applied Pharmacology* 14: 36-39.

Poblocka-Olech, L., Glod, D., Zebrowska, M. E., Sznitowska, M., Krauze-Baranowska, M. 2016. TLC determination of flavonoids from different cultivars of Allium cepa and Allium ascalonicum. *Acta Pharmaceutica* 66(4): 543-554.

Puravankara, D., Bohgra, V. and Sharma, R. S. 2000. Effect of antioxidant principles isolated from mango (Mangifera indica L.) seeds kernels on oxidative stability of buffalo ghee (Butter-fat). *J.Sci Food Agri*. 80(4): 522-526.

Roberfroid, M. B., Van Loo, J. A. B., and Gibson, G. R. 1998. The bifidonenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *The Journal of Nutrition*. 128(1): 11-19.

Schiber, A., Beradini, N. and Carle, R. 2003. Identification of flavonol and xanthol glycosides from mango peels by HPLC. *J.Agri.Food Chem*. 51:5006-5011.

Sirisansaneeyakul, S., Lertsiri, S., Tonsagunrathanachai, P., and Luangpituksa, P. 2000. Enzymatic Production of Fructo-Oligosaccharides from Sucrose. Kasetsart Journal (Natural Science), 34, 262 - 269.

Surin S., P. S., P. Thakeow and Y. Phimolsiripol. 2012. Optimization of Enzymatic Production of Fructooligosaccharides from Longan Syrup. *Journal of Applied Sciences*. 12(11): 1118-1123.

Sutthiwanjampa, C. and Kim, S.M. 2015. Production and characterization of hyaluronidase and elastase inhibitory protein hydrolysate from Venus clam. *Nat Prod Res*. 29(17): 1614-1623.

Van Loo, J. A. B., Clune, Y., and Collins, J. K. 2005. The SYCAN projects: Goals, setups, first results and settings of the human intervention study. *The British Journal of Nutrition*. 93: S91-S98.

Wahab, N.A., Rahman, R.A., Ismail, A., Mustafa, S. and Hashim, P. 2014. Assessment of Antioxidant Capacity, Anti-Collagenase and Anti-Elastase Assays of Malaysian Unfermented Cocoa Bean for Cosmetic Application. *Nat Prod Chem Res*. 2(3): 1-6.

Wang, K. Siddanakoppalu Narayana Pramod, Hong Lin, Guanzhi Chen, and Zhenxing Li. 2021. Process Optimization for Preparation of Hyaluronidase Inhibitory Hydrolysates with Anti-allergic Potential from Salmo salar Processing By-products. *ACS Food Science & Technology*. *1*(7): 1262-1273.