รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติ

Research and Further Development on Natural-Extract Products

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์

Akanit Pisalwadcharin

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติ

Research and Further Development on Natural-Extract Products

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์

Akanit Pisalwadcharin

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

ปัจจุบันผู้บริโภคตื่นตัวหันมาใส่ใจกับการดูแลสุขภาพของตัวเองมากขึ้น แนวโน้มการผลิตและการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพจึงเพิ่มสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยังมีผู้บริโภคจำนวนไม่น้อยที่ถือแนวคิดที่ว่า “การป้องกันดีกว่าการรักษา” โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เพื่อการดูแลสุขภาพที่มีส่วนประกอบของสารสกัดจากธรรมชาติที่สามารถดูแลสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัย และปราศจากผลข้างเคียงที่ไม่ดีต่อสุขภาพ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ ซึ่งประเทศไทยปลูกสับปะรดมากเป็นอันดับ 1 ใน 5 ในของโลก ทั้งนี้สารสำคัญอย่างหนึ่งที่มีในสับปะรดคือ เอนไซม์บรอมิเลนที่เป็นเอนไซม์สำหรับใช้ย่อยโปรตีน จะสามารถพบเอนไซม์ชนิดนี้กระจายอยู่ในส่วนต่างๆ ของสับปะรด ทั้ง จุก แกน เปลือก เนื้อ ก้าน และลำต้น จากคุณสมบัติของเอนไซม์บรอมิเลนในการย่อยโปรตีน เอนไซม์บรอมิเลนจึงเป็นสารที่ช่วยในระบบการย่อยอาหารได้ ทั้งนี้เอนไซม์บรอมิเลนจะมีความเสถียรและคงกิจกรรมของการย่อยโปรตีนได้ในช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่ค่อนข้างกว้างจึงทำให้เอนไซม์บรอมิเลนสามารถคงกิจกรรมของการย่อยโปรตีนได้ทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ และเอนไซม์บรอมิเลนยังจัดเป็นสารเติมแต่งอาหารที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย โดยองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา

นอกจากนี้มีรายงานวิจัยว่าสารสกัดแคปไซซินจากพริกมีฤทธิ์กระตุ้นการขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง ทำให้เลือดไปเลี้ยงผิวหนังได้ดีขึ้น ทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านการอักเสบที่สามารถบรรเทาอาการปวดเมื่อย อีกทั้งสารสกัดแคปไซซินจากพริกยังประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง โดยปัจจุบันทางการค้ามีการนำสารแคปไซซินมาใช้ในผลิตภัณฑ์เวชสำอางและเภสัชวิทยาในรูปแบบต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ครีมนวดหรือเจลนวดบรรเทาปวด ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางการค้าบางรูปแบบมีการใช้สารแคปไซซินในรูปแบบสารสังเคราะห์ ซึ่งอาจจะไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารธรรมชาติ รวมทั้งสารแคปไซซินในรูปแบบสารสังเคราะห์มีราคาสูงมาก ดังนั้นการนำสารสกัดแคปไซซินจากพริกซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติมาพัฒนาต่อยอดโดยการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เวชสำอาง จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบธรรมชาติที่มีความปลอดภัย สามารถดูแลสุขภาพของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารในปัจจุบันมักมีการปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ต้องการและยอมรับจากผู้บริโภค โดยผู้ผลิตอาหารมักใช้สีผสมอาหารสังเคราะห์เพื่อปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ให้น่ารับประทานและดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภค ซึ่งการใช้สีสังเคราะห์ในปริมาณมากเกินไปหรือบริโภคบ่อยๆ อาจทำให้เกิดอาการแพ้ หรือเป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ทางเลือกที่ปลอดภัยในการปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหาร คือ การใช้สีธรรมชาติที่สกัดได้จากพืชที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภค เช่น แอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันด้วย แต่สีธรรมชาติมักจะไม่คงตัวและต้องใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้สีธรรมชาติและความปลอดภัยในการบริโภคอาหารที่ต้องแต่งสีจึงควรมีการนำสีธรรมชาติมาทำให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกต่อการใช้งานโดยการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (Foam-matt drying) ซึ่งเป็นการทำแห้งแบบที่ใช้ความร้อนไม่สูงและมีวิธีการที่ง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำ

กรมวิทยาศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ.....	3
บทคัดย่อ.....	7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	38
บรรณานุกรม.....	39

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการสนับสนุนทุนการวิจัยเพื่อพัฒนาโครงการวิจัยและพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายภาคส่วน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิ สกสว. ที่ให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่ายิ่งในการพัฒนาคุณภาพงานวิจัย และแนวทางการนำงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้บริหารกรมวิชาการเกษตร คณะกรรมการวิชาการ กองแผนงานและวิชาการ ของกรมวิชาการเกษตร ผู้อำนวยการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร คณะผู้เชี่ยวชาญ คณะกรรมการวิชาการ ข้าราชการ พนักงานราชการ พนักงานจ้างเหมา ของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน ที่ร่วมแรงร่วมใจจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเนื้อหาสาระจากงานวิจัยนี้จะมีคุณูปการต่อผู้สนใจ เกษตรกร ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปพัฒนาหรือต่อยอดเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติ ที่นำผลิตผลเกษตรในประเทศมาใช้ประโยชน์ อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตรในประเทศได้ และหากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

14 กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

1. นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์ กรมวิชาการเกษตร
   Miss Akanit Pisalwadcharin
2. นางสาวจารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรรม กรมวิชาการเกษตร
   Miss Charuwan Rattanasakultham
3. นายศิวัช พลายเสน กรมวิชาการเกษตร
   Mr. Siwat Plaisen
4. นางสาวสุปรียา ศุขเกษม กรมวิชาการเกษตร
   Miss Supreeya Sukhasem
5. นางสาวศุภมาศ กลิ่นขจร กรมวิชาการเกษตร
   Miss Supamas Klinkajorn
6. นางสาวศิริพร เต็งรัง กรมวิชาการเกษตร
   Miss Siriporn Tengrung
7. นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร กรมวิชาการเกษตร
   Miss Wimonwan Wattanawichit
8. นายโกเมศ สัตยาวุธ กรมวิชาการเกษตร
   Mr. Komate Satayawut
9. นางสาวสุรีย์รัตน์ รักเหลือ กรมวิชาการเกษตร
   Miss Sureerat Rukluarh

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคตื่นตัวและหันมาใส่ใจกับการดูแลสุขภาพของตัวเองมากขึ้น แนวโน้มการผลิตและการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพจึงเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เพื่อการดูแลสุขภาพที่มีส่วนประกอบของสารสกัดจากธรรมชาติที่สามารถดูแลสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัย และปราศจากผลข้างเคียงที่ไม่ดีต่อสุขภาพ

เอนไซม์บรอมิเลนสามารถผลิตจากสับปะรด ซึ่งจัดเป็นเอนไซม์ชนิด crytein protease ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยเปปไทด์และเอสเตอร์ของกรดอะมิโน (Murachi and Neurath, 1960) จึงสามารถย่อยโปรตีนซึ่งเป็นกลุ่มของโพลีเปปไทด์สายยาวให้สั้นลงได้ ด้วยเหตุนี้เอนไซม์บรอมิเลนจึงเป็นสารธรรมชาติที่จะสามารถช่วยส่งเสริมการย่อยระบบย่อยอาหารของเราได้ โดยเอนไซม์บรอมิเลนมีความเสถียรและคงกิจกรรมของการย่อยโปรตีนได้ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่ค่อนข้างกว้าง ทำให้สามารถคงกิจกรรมของการย่อยโปรตีนได้ทั้งในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ (Balakrishnan et al., 1981) นอกจากนี้เอนไซม์บรอมิเลนยังจัดเป็นสารเติมแต่งอาหารที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized As Safe) โดยองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration, 2019; Hikisz 2021) และมีความเป็นพิษในระดับที่ต่ำมาก โดยบรอมิเลนมีค่า LD50 สูงกว่า 10 กรัม/กิโลกรัม (Taussig *et al*., 1975) อย่างไรก็ตามในพลาสมาจะมีสารที่ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์บรอมิเลน ทำให้การได้รับเอนไซม์บรอมิเลนด้วยการบริโภคจะคงกิจกรรมของการย่อยโปรตีนได้ดีที่สุด (Hale, 2002) โดยมักจะพบเห็นเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบผลิตอาหารเสริมบรรจุแคปซูลที่มีวางจำหน่ายโดยทั่วไป ซึ่งทำให้เราจะต้องบริโภคแคปซูลเข้าไปด้วยซึ่งอาจเป็นปัญหากับผู้ที่มีภาวะกลืนได้ยาก งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาผลิตเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบเครื่องดื่มที่มีการประยุกต์ใช้รูปแบบนำส่งสารออกฤทธิ์ด้วยวิธีที่ทำให้เกิดฟองฟู่ (effervescent effect) ซึ่งจะช่วยเพิ่มชีวประสิทธิผลของตัวยาหรือสารออกฤทธิ์สำคัญได้ดี จากการละลายในแรงดันออสโมติกและนำส่งยาเพื่อให้ลอยตัวในกระเพาะอาหารได้ เป็นต้น อีกทั้งเป็นรูปแบบทีมีการนำไปใช้เพื่อเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร วิตามิน หรือแร่ธาตุ ซึ่วิธีการนำส่งสารชนิดฟองฟูมีข่อดีที่ทำให้มีรสชาติที่ดีกลบกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ของตัวยาได้ และดึงดูดความสนใจของผู้ใชไดเนื่องจากเกิดฟองหลังผสมน้ำ เหมาะกับผูที่ไมสามารถรับประทานยาเม็ดหรือแคปซูลได (Gothoskar and Kshirsagar, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาการนำเอนไซม์บรอมิเลนจากสับปะรดที่สกัดโดยนำน้ำคั้นมาตะตอนโปรตีนด้วยเอทานอลและทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งมาผลิตเครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ดังนั้นการต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีส่วนประกอบสารสกัดและสารสำคัญจากธรรมชาติเพื่อการดูแลสุขภาพอย่างครอบคลุมในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีความทันสมัย สะดวกต่อการใช้งาน ปลอดภัย และเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น วิธีการสกัดสารสำคัญและการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเวชสำอาง จะทำให้ได้เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลเกษตร ส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบจากผลิตผลเกษตรในประเทศให้เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร อุตสาหกรรมเกษตร และประเทศชาติต่อไป

Zimmer *et. al*. (2012) ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแคปไซซินจากพริกที่สกัดโดยเอทานอล พบว่าสารสกัดแคปไซซินจากพริกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

และสารต้านการอักเสบ โดยสารสกัดแคปไซซินจากพริกที่สกัดได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 180.08 mg GAE/g และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่า EC50 โดยวิธี DPPH เท่ากับ 267.58 µg/ml และยังมีฤทธิ์เป็นสารต้านการอักเสบที่มีประสิทธิภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านเภสัชวิทยา

แคปไซซินอยด์ (capsaicinoids) เป็นสารประกอบสำคัญของพริก ที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสเผ็ดร้อน ซึ่งประกอบด้วยแคปไซซิน (capsaicin) มีปริมาณสูงสุด คือ 61 % ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin) 22 % นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin) 1% โฮโมแคปไซซิน (homocapsicin) 1% และโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin) 1% (Cisneros-Pineda *et al*., 2007) โครงสร้างทางเคมีของแคปไซซิน คือ 8-methyl-n-vanillyl-6-noneamide มีสูตรโมเลกุลดังนี้ $C_{18}H_{27}NO_3$ สารแคปไซซินพบมากในบริเวณเยื่อแกนกลางสีขาวหรือที่เรียกว่า “รกพริก” (Placenta) ในส่วนของเนื้อ เปลือก และเมล็ดพริกจะมีสารแคปไซซินอยู่น้อยมาก (Reyes *et al*., 2011)

ประโยชน์ทางด้านยาและการแพทย์ของพริกมีมากมาย โดยพบว่า capsaicin มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา บรรเทาปวด ลดการอักเสบ มีรายงานการวิจัยว่ามีการใช้ capsaicin ในรูปแบบครีมและแผ่นแปะเฉพาะที่เพื่อรักษากลุ่มอาการปวดเรื้อรัง เช่น โรคประสาท post-herpetic ปวดกล้ามเนื้อและกระดูก โรคเส้นประสาทอักเสบจากเบาหวาน โรคข้อเข่าเสื่อม และข้ออักเสบรูมาตอยด์ นอกจากนี้ยังใช้เพื่อรักษาอาการปวดจากผื่น, โรคสะเก็ดเงิน เป็นต้น (Reyes *et. al*., 2011)

Thayne *et. al*. (2003) ศึกษาการใช้สารแคปไซซินเพื่อกระตุ้นการขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง พบว่าสารแคปไซซินสามารถกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดได้ โดยสารแคปไซซินจะกระตุ้นเส้นประสาทที่ผิวหนัง ทำให้หลอดเลือดบริเวณผิวหนังขยายตัว และเลือดไปเลี้ยงผิวหนังได้ดีขึ้น

Ghita *et. al*. (2017) ศึกษาการใช้สารแคปไซซินทาบริเวณผิวหนังของกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 27 คน และตรวจสอบการไหลเวียนของเลือดภายในเส้นเลือดฝอยบริเวณผิวหนังในช่วงเวลาตั้งแต่ 0-40 นาที พบว่าการไหลเวียนของเลือดภายในเส้นเลือดฝอยบริเวณผิวหนังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากทาสารแคปไซซินที่ผิวหนังผ่านไป 25 นาที

คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริการยอมรับให้ใช้แคปไซซินเป็นยาเฉพาะที่ได้โดยไม่ต้องมีใบสั่งแพทย์ โดยทางการค้ามีครีมแคปไซซินจำหน่ายที่ความเข้มข้น 0.0123, 0.025% และ 0.075 % ดังนั้นการนำสารสกัดแคปไซซินจากพริกซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เวชสำอางรูปแบบเจล จะเป็นการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการนำผลงานวิจัยมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

สีธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากพืชซึ่งความหลากหลายของสีขึ้นอยู่กับรงควัตถุในพืชนั้นๆ รงควัตถุจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันมีประโยชน์ในการช่วยป้องกันและลดการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่นรงควัตถุสีม่วงคือแอนโธไซยานินส์พบในดอกอัญชัน ดอกกระเจี๊ยบ องุ่น พลัม รงควัตถุสีเหลืองจนถึงสีแดงคือแคโรทีนอยด์พบมากในมะเขือเทศ แครอท ดอกคำฝอย และรงควัตถุสีเขียวคือคลอโรฟิลล์มักพบที่ส่วนใบของพืช นอกจากนี้ยังมีพืชอีกหลายชนิดในประเทศไทยที่ให้สีสันสวยงาม เช่นสีครามได้จากรากและใบของต้นคราม สีเหลืองจากดอกกรรณิการ์ ดอกดาวเรือง สีดำจากผลมะเกลือ สีแดงจากแก่นฝาง ลูกคำแสด เป็นต้น ความหลากหลายนี้จึงน่าจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม และที่สำคัญวัตถุดิบ

กรมวิทยาศาสตร์

จากธรรมชาติเหล่านี้ยังมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพทำให้การใช้สีจากธรรมชาติไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค

ดอกอัญชันจัดเป็นสมุนไพร มีสีน้ำเงินเข้มหรือน้ำเงินอมม่วง สารสีจากดอกอัญชันคือสารแอนโทไซยานิน จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ เพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็น แก้อาการตาฟาง ตามัว ตาเสื่อมจากโรคเบาหวาน โรคต้อหิน โรคต้อกระจก ดอกอัญชันนั้นยังช่วยยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ช่วยขับปัสสาวะ และยังช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ นอกจากนี้แอนโทไซยานินยังมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมัน ชะลอการเกิดโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดและโรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัว (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.ก) การใช้ประโยชน์ของดอกอัญชัน เช่น ใช้สีจากกลีบดอกเป็นส่วนผสมในอาหาร และเครื่องดื่ม ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เช่น ใช้ทำยาสระผมแก้ผมร่วง ดอกอัญชันกำลังเป็นที่นิยมอย่างมากสำหรับฮ่องกง ชาวฮ่องกงรู้จักเป็นอย่างดี เรียกดอกอัญชันว่า Blue Magic Water นำมาปรุงอาหารผสมกับ ข้าวเหนียวให้มีสีน้ำเงิน ทำเป็นเครื่องดื่ม เช่น ชาดอกอัญชัน หรือผสมกับมะนาวแล้วได้เป็นสีม่วง และนำมาผสมกับเค้กชนิดต่างๆ ดังนั้นดอกอัญชันและผลิตภัณฑ์จากดอกอัญชันจึงเป็นสินค้าจากประเทศไทยที่สามารถทำการขยายตลาดในต่างประเทศได้ (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศฮ่องกง, 2560)

การทำแห้งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากเป็นวิธีที่ช่วยลดปริมาณความชื้นส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าน้อยลง ซึ่งเป็นการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย นอกจากนี้การทำแห้งยังเป็นการลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพื่อสะดวกและประหยัดต้นทุนในการขนส่ง (Ratti, 2009) การทำแห้งทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) เป็นการทำแห้งแบบใช้ความเย็น การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) เป็นการทำแห้งแบบใช้ความร้อนสูง โดย 2 วิธีนี้มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง การทำแห้งโดยวิธีโฟมแมท (Foam-mat drying) เป็นการทำแห้งแบบที่ใช้ความร้อนไม่สูงมากและมีวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อนที่สำคัญมีต้นทุนการผลิตไม่สูง

การทำแห้งแบบโฟมแมท (Foam-mat drying) เป็นการเติมอากาศหรือก๊าซแก่ของเหลวเข้มข้นเพื่อก่อให้เกิดโฟมที่มีความคงตัวก่อนนำไปทำแห้ง (Morgan *et al*., 1961) กระบวนการทำให้เกิดโฟมทำได้โดยนำอาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น อาจเติมสารช่วยให้เกิดฟอง (foaming agent) ลงไปแล้วตีหรืออัดอากาศหรือก๊าซ จนของเหลวเกิดลักษณะเป็นฟองโปร่ง จากนั้นจึงนำฟองมาเกลี่ยเป็นแผ่นบนถาดแล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อนหรืออากาศร้อน เมื่ออาหารแห้งจะมีลักษณะโปร่ง เปราะ สามารถทำให้แตกเป็นแผ่นเล็กๆ หรือบดละเอียดได้ง่าย โครงสร้างของอาหารเล็กๆ นี้ จะมีรูพรุนอยู่ทั่วไป จึงนำมาคืนรูปได้ง่าย ข้อดีของการทำให้เป็นโฟม จะช่วยเพิ่มอัตราการทำแห้งของอาหาร เนื่องจากโครงสร้าที่เป็นรูพรุนของโฟม ทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นมาก ส่งผลให้น้ำระเหยได้ง่ายและเร็วขึ้น อาหารจึงสัมผัสกับความร้อนในระยะเวลาสั้น ช่วยลดการสูญเสียคุณภาพอาหาร โดยเฉพาะด้านกลิ่น รสของอาหาร (กิตติพงษ์, 2536)

ในประเทศไทยมีผู้ศึกษาวิจัยนำเทคนิคการทำแห้งแบบโฟมแมทไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น การผลิตน้ำกระเทียมดองชนิดผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท โดยใช้สารละลาย Methocel^{TM} ที่ระดับความเข้มข้น 0.9% โดยน้ำหนัก ร่วมกับมอลโตเด็กซ์ทริน 10 กรัม ให้ค่าความคงตัวที่เหมาะสม และสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งคืออุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (คุ้มเกล้า และพนิดา, 2551)

การผลิตผงสำเร็จรูปจากตะไคร้โดยใช้เมโทเซลร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้น 1.0% และอุณหภูมิในการทำแห้งคือ 60 °C นาน 90 นาที (ชุติมา และคณะ, 2553) การผลิตเนื้อตาลสุกผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท ใช้เอสพีร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง (อัตราส่วน 1:10) 5% นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 60 นาที (จิตตะวัน และคณะ, 2561) การผลิตสีแดงผงจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้โปรตีนไข่ขาว 15% โดยน้ำหนัก และทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (Tan and Sulaiman, 2019) การผลิตน้ำซาวข้าวไรซ์เบอรี่ชงพร้อมดื่มสำเร็จรูป ใช้โปรตีนไข่ขาวปริมาณ 2.5% และใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 65 °C เป็นเวลา 90 นาที (ไชยภร และคณะ, 2562) การผลิตอาหารเสริมสุขภาพจากข้าวโพดฝักสดโดยนำน้ำข้าวโพดสีม่วงผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน 20% ปริมาณ 200 กรัม เติมสารละลาย Glyceryl monostearate : methocel K4M (อัตราส่วน 1:1) ความเข้มข้น 2% ปริมาณ 75 กรัม ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 90 นาที (วิมลวรรณ และคณะ, 2558)

ไอศกรีม เป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง โดยชนิดของไอศกรีมตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ค. 2556 แบ่งไอศกรีมเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง ไอศกรีมผสม ไอศกรีมชนิดเหลวหรือแห้งหรือผง และไอศกรีมหวานเย็น

ไอศกรีมหวานเย็น คือ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำและน้ำตาล หรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย โดยต้องผ่านกรรมวิธีตามลำดับดังนี้ การผ่านความร้อนต้องทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 68.5 °C และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือ ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 °C และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 25 วินาที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 °C และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ แล้วนำไปปั่น กวน หรือผสม แล้วแต่กรณี และทำให้เยือกแข็งที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2 °C

นอกจากนี้การแบ่งชนิดของไอศกรีม อาจจำแนกลักษณะไอศกรีมตามส่วนผสมและปริมาณไขมัน (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.ข) ดังนี้

- มิลค์ไอซ์ คือ ไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าไอศกรีมทั่วไป โดยมีไขมันนม 2.5-3%
- เชอร์เบต คือ ไอศกรีมหวานเย็นที่มีการเติมนมสดลงไปเล็กน้อย มักมีปริมาณไขมันนมต่ำกว่ามิลค์ไอซ์แต่หวานกว่า
- ซอร์เบต คือ ไอศกรีมที่มีผลไม้ หรือน้ำผลไม้ และสารให้ความหวานเป็นส่วนผสมหลัก ไม่มีไขมันหรือนมเป็นส่วนผสม
- เจลาโต คือ ไอศกรีมแบบอิตาลี มีกระบวนการผลิตต่างจากไอศกรีมทั่วไปทำให้มีฟองอากาศในเนื้อไอศกรีมน้อยกว่า จึงให้ความรู้สึกข้นมันในปากมากกว่าหรือเท่ากับไอศกรีมทั่วไป
- ไอศกรีมโยเกิร์ต คือ มิลค์ไอซ์ที่มีส่วนผสมของโยเกิร์ต โดยอาจใช้โยเกิร์ตเป็นส่วนผสมแทนนมสด

ผลิตภัณฑ์ซอร์เบต เป็นไอศกรีมที่มีส่วนผสมของผลไม้หรือน้ำผลไม้ จึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำสีผงจากดอกอัญชันมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ได้ โดยไอศกรีมซอร์เบตจะมีลักษณะนุ่มเป็นเกล็ดน้ำแข็ง รสหวาน ปริมาณของน้ำตาลจะต้องพอเหมาะที่จะแข็งตัวได้ดี ถ้าหวานเกินไปเมื่อเป็นไอศกรีมแล้วจะแฉะเป็นน้ำเชื่อมและแยกตัวเมื่อทิ้งไว้ ถ้าน้ำตาลน้อยไปจะเกิดผลึกน้ำแข็งใหญ่ (สมจิต, 2540)

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติโดยใช้วัตถุดิบธรรมชาติสำหรับนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเวชสำอาง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ ผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน และผลิตภัณฑ์สีผงจากดอกอัญชัน

การผลิตเครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ ทำการสกัดเอนไซม์บรอมิเลนโดยตีปั่นสับปะรดและคั้นน้ำ จากนั้นนำมาตกตะกอนโปรตีนด้วยเอทานอลในสภาวะเย็นและทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยศึกษาอัตราส่วนของกรดอินทรีย์กับโซเดียมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เหมาะสมในการก่อให้เกิดสภาวะฟองฟู่ ศึกษาปริมาณเอนไซม์บรอมิเลนผง ร้อยละปริมาณของสารก่อสภาวะฟองฟู่ในสูตรผลิตภัณฑ์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ได้สูตรผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบโดดเด่น คือ กรดซิตริก 0.80 g กรดทาร์ทาริก 0.40 g โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.90 g เอนไซม์บรอมิเลนผง 0.20 g พีวีพี 0.15 g สารลดการก่อโฟม 0.036 g ซูคลาโรส 0.007 g ไซลิทอล 0.800 g และสารให้กลิ่นสับปะรด 0.120 จากนั้นเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการทำกรานูลแห้ง ได้ผลิตภัณฑ์กรานูลฟองฟู่ที่มีสมบัติการไหลของผงยาในระดับดี และยังคงค่ากิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนไว้ได้ที่ 87.9 % สามารถละลายน้ำได้ดี โดยใช้เวลาในการเกิดสภาวะฟองฟู่ 94 วินาที

การผลิตผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินจากสารแคปไซซินที่สกัดได้จากพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอต โดยสภาวะที่ใช้ในการสกัดสารแคปไซซิน คือ สกัดโดยใช้อัตราส่วนของเอทานอล : พริก เท่ากับ 1 : 5 (w/v) ได้สารสกัดหยาบแคปไซซินที่มีปริมาณสารแคปไซซิน 2,374.35 (µg/g) จากนั้นทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินที่มีปริมาณสารสกัดแคปไซซิน 1.0, 1.5 และ 2.0 % พบว่าผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินที่เติมสารสกัดแคปไซซิน 1.5 % มีปริมาณสารแคปไซซินเหมาะสมที่สุด คือ 0.0123 (% โดยน้ำหนักของตัวอย่าง) ปริมาณฟีนอลิกรวม 2.83 (mg gallic acid/g) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (SC50) เท่ากับ 10.11 (mg/ml) จากนั้นทำการทดสอบการระคายเคืองต่อผิวหนังของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินในอาสาสมัครจำนวน 15 คน พบว่าอาสาสมัครจำนวน 11 คน ไม่พบการระคายเคืองที่ผิวหนังบริเวณที่ทาผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน ขณะที่อาสาสมัครจำนวน 4 คน มีอาการแดงและบวมเล็กน้อยบริเวณที่ทาผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินแต่อาการจะหายไปภายใน 24 ชั่วโมง

การผลิตสีผงจากดอกอัญชันด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท ทำการสกัดดอกอัญชันด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.15 M อัตราส่วนดอกอัญชันแห้งต่อสารละลายกรดซิตริกเป็น 1:50 (w/v) สกัดที่อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 30 นาที นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกเพื่อให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8 °B ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 20% โดยน้ำหนัก จากนั้นเติมสารก่อโฟม methocel ปริมาณ 2.5% ตีให้เกิดโฟมเป็นเวลา 15 นาที ใส่ถุงบีบให้เป็นเส้นขนาดกว้าง 0.5-0.7 cm ยาว 34-36 cm ลงบนถาด นำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้สีผงเป็นสีชมพู มีความชื้น 4.50% ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.239 ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 42.11, 15.90 และ -1.45 ตามลำดับ ค่าการละลาย 86.92% ปริมาณแอนโทไซยานิน 19.37 mg cyanidin-3-glucoside/100g สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ซอร์เบต ปริมาณที่เหมาะสมคือ 2.5% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด เมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นเวลา 4 เดือนในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ พบว่าสีผงมีความชื้นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างจากเริ่มต้น ในขณะที่ปริมาณสารแอนโทไซยานินมีค่าลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Abstract

The objectives of this research were to study the production of natural products from the natural materials, for its application in food and cosmetic products. Three natural products were the digestive aid supplement drink with bromelain enzyme in the effervescent granules recipe, the capsaicin massage gel and the powder color from butterfly pea flowers.

Production of the digestive aid supplement drink with bromelain enzyme in the effervescent granules recipe. The enzyme bromelain powder was produced by crushing and squeezing pineapple fruit to get the juice then the bromelain extraction was driven by precipitation of the proteins with cold ethanol and was drying by freeze-drying technical to produce the effervescent granules product. The suitability of the organic acid and sodium bicarbonate ratio that source of the effervescent effect, amount of bromelain powder, the proportion of effervescent agents, amount of sweeteners were studied. The favorite formulation by consumer testing contained citric acid 0.80 g tartaric acid 0.40 g sodium bicarbonate 0.90 g with the bromelain powder of 0.20 g, sucralose, and xylitol was used as sweeteners at 0.007 g and 0.8 g respectively. Polyvinylpyrrolidone 0.15 g, anti-foam agent 0.036 g, and flavoring agent 0.12 g were used as the additives agent in this product also. The granule product can be prepared by the dry granulation method which the good flowability properties were obtained and the bromelain activity was maintained at 87.9 %. The product was good water-soluble and takes 94 seconds for effervescent time.

Production of the capsaicin massage gel product from capsaicin crude extract. Capsaicin crude extract obtained from extraction condition using ethanol : Chilis (Superhot) ratio of 1 : 5 (w/v) gave capsaicin content of 2,374.35 (µg/g). Subsequently it was developed into three massage gels were formulated with 1.0, 1.5 and 2.0 % of capsaicin crude extract. The results showed that the massage gels with 1.5 % of capsaicin crude extract gave the best results. The capsaicin massage gel with 1.5 % of capsaicin crude extract had capsaicin content of 0.0123 (% weight of sample), total phenolic content of 2.83 (mg gallic acid/g) and antioxidant activity (SC50) was 10.11 (mg/ml). Then, skin irritation test of the capsaicin massage gel was carried out on 15 volunteers. The results showed that there was no irritation in 11 volunteers and 4 volunteers had slight redness and swelling on the area were applied capsaicin massage gel, which the symptoms disappeared within 24 hours.

Production of the powder color from butterfly pea flowers by foam-mat drying method. Extraction of butterfly pea flowers used 0.15 molar citric acid solution, the ratio of dried butterfly pea flowers to citric acid solution was 1:50 (weight by volume). The optimal condition of extraction

was at 60 ° C for 30 minutes. An extract was evaporated water, the total soluble solid content of extract was 8 ° Brix and mix with 20% maltodextrin by weight. Then, 2.5% methocel was mixed by weight, to beat until foam was forming for 15 minutes and placed a plastic bag into strips 0.5-0.7 cm wide, 34-36 cm long onto the tray. It was dried by using oven dryer at 70 ° C for 3 hours. Powder color extracted from butterfly pea flowers had pinkish, that moisture content was 4.50%, water activity value was 0.239, color values L* a* and b* were 42.11, 15.90 and -1.45, respectively. The sample expressed as the solubility 86.92%, total anthocyanin content 19.37 mg and equivalent of cyanidin-3-glucoside / 100g. Powder color has been applied for sorbet products. The optimal formula to produce sorbet product was powder color from butterfly pea flowers 2.5%. Afterward, the powder color was kept at ambient temperature for 4 months in an aluminum foil bag. It was found that moisture content changed slightly but not different from the initial quality, while the amount of total anthocyanin was decreased.

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 การผลิตผลิตภัณฑ์ช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่

(ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564)

สถานที่ทำการวิจัย กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

<u>อุปกรณ์</u>

1. สับปะรดปัตตาเวียจากตลาดไทและตลาดสี่มุมเมือง
2. เครื่องบด/ปั่น (PS505 UNIVERSAL FRITTER, Model QS505)
3. เครื่องคั้นน้ำผลไม้ (Hydrauric Press, Model 12 Turbo)
4. อ่างน้ำคูลลิ้ง (EYELA Cool ACECA 1100)
5. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง (Hig-Speed Refrigerated Centrifure CRZZN, Hitachi)
6. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry)
7. เครื่องปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก (SCAMSPEED MINI)
8. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadza, UV-2600)
9. เครื่องอัดระบบแรงดันลม
10. เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ
11. โกร่งเซรามิก

<u>สารเคมี</u> ได้แก่ เอทานอลเกรดอาหาร กรดซิตริกแอนไฮดรัสเกรดอาหาร(กรุงเทพเคมี) กรดทาร์ทาริกเกรดอาหาร (กรุงเทพเคมี) โซเดียมไบคาร์บอเนตกรดอาหาร(กรุงเทพเคมี) ซูคราโลส(กรุงเทพเคมี) ไซลิทิล(รวมเคมี) สารมาตรฐานเอนไซม์บรอมิเลน (Sigma) โพลีไวนิลไพโรลิโดน (PVP-K30) สารลดการก่อโฟม (SILICON DIOXIDE, XIAMETER™) กลิ่นผสมอาหารชนิดผงกลิ่นสับปะรด (กรุงเทพเคมี

<u>วิธีการ</u>

1. การผลิตเอนไซม์บรอมิเลนผงโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

1.1 เตรียมสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยล้างด้วยน้ำสะอาดผสมคลอรีนเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม แล้วตัดแยกเอาส่วนจุกและก้านออก หั่นสับปะรดรวมทั้งเปลือก เนื้อและแกนเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วชั่งชิ้นสับปะรดครั้งละ 1 Kg นำไปตีปั่นด้วยเครื่องบดปั่นนาน 1 นาที แล้วบีบคั้นน้ำพร้อมแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นพักไว้ในขวดที่ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้เย็น) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำตกตะกอน แล้วรินเอาน้ำคั้นส่วนใสมาใช้สกัดเอนไซม์บรอมิเลน โดยการตกตะกอนด้วยเอทานอลเกรดอาหารเข้มข้น 95% ที่แช่เย็นจัด (0 °C) อัตราส่วน 26:74 โดยปริมาตร จากนั้นพักไว้ให้ตกตะกอนสมบูรณ์ที่ 4 °C นาน 1 ชั่วโมงก่อนนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิ 4 °C ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง แล้วรินแยกสารละลายส่วนใสออก เก็บตะกอนโปรตีนที่ได้มาละลายด้วยน้ำกลั่นและนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

1.2 ตรวจสอบคุณสมบัติของเอนไซม์บรอมิเลนผง ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ปริมาณผลผลิตที่ได้ ค่าสี และกิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลน (ปรับปรุงวิธีจาก Ketnawa, 2009) โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างผงเอนไซม์บ

กรมวิชาการเกษตร

รอมิเลน ที่ 10 mg/mL ในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ pH7 แล้วผสมสารละลายตัวอย่าง 50 µL กับสาระละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ pH7 400 µL และสารละลาย 1% Casein 100 µL ในหลอดพลาสติดขนาด 2 mL เขย่าแล้วบ่มที่ 37 °C นาน 10 นาทีในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นเติมสารละลาย 5.8% (w/v) กรดไตรคลอโรอะซีติก 1000 uL แล้วเขย่าและปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm นาน 10 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก ดูดสารละลายส่วนใสไปวัดการดูดกลืนแสงในช่วง 250-350 nm โดยพิจารณาค่า λmax ที่ 275

2. ศึกษาอัตราส่วนผสมสำหรับการการผลิตเครื่องดื่มในรูปแบบกรานูลฟองฟู่

2.1 ศึกษาชนิดและอัตราส่วนของส่วนผสมพื้นฐานสำหรับก่อสภาวะฟองฟู่ (Effervescent base)

ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของกรดอินทรีย์และและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่จะให้เป็นสูตรพื้นฐานสำหรับก่อสภาวะฟองฟู่ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD แบบ 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่ 1 กรดอินทรีย์ ได้แก่
- กรดซิตริก : กรดทาร์ทาริค 1:0 (w/w)
- กรดซิตริก : กรดทาร์ทาริค 2:1 (w/w)
- กรดซิตริก : กรดทาร์ทาริค 1:1 (w/w)
- กรดซิตริก : กรดทาร์ทาริค 1:2 (w/w)
- กรดซิตริก : กรดทาร์ทาริค 0:1 (w/w)

ปัจจัยที่ 2 ปริมาณกรดอินทีย์รวม ที่ 0.61 0.77 และ 1.03 g ต่อโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.77 g รวม 15 กรรมวิธี โดยแต่กรรมวิธีจะมีเอนไซม์บรอมิเลนมาตรฐาน 0.1 g เป็นส่วนผสม

2.2 ศึกษาอัตราส่วนเอนไซม์บรอมิเลนผงที่เหมาะสมของในสูตรผลิตภัณฑ์

ทำการศึกษาโดยคัดเลือกอัตราส่วน Effervescent base จากข้อ 2.1 จำนวน 2 สูตร แล้วผสมกับผงเอนไซม์บรอมิเลน โดยแปรปริมาณที่ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 g แล้วเติมพีวีพี 0.15 g และสารลดโฟม 0.036 g ปรับปริมาตรส่วนผสมเป็น 3 g ด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ

2.3 ศึกษาปริมาณส่วนผสมพื้นฐานสารก่อสภาวะฟองฟู่ในสูตรผลิตภัณฑ์

ใช้อัตราส่วน Effervescent base จากข้อ 2.1 จำนวน 2 สูตร และปริมาณผงเอนไซม์บรอมิเลนที่ได้จากข้อ 2.2 โดยแปรปริมาณ Effervescent base ที่ 50 60 70 และ 80% ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เติมพีวีพี 0.15 g และสารลดโฟม 0.036 g ปรับปริมาตรส่วนผสมเป็น 3 g ด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ

2.4 วิธีการเตรียมส่วนผสมผลิตภัณฑ์และการทดสอบคุณสมบัติ

การเตรียมส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ในข้อ 2.1-2.4 ทำโดยชั่งส่วนผสมต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วผสมในกระป๋องพลาสติกปากกว้างที่ปิดสนิด แบบวนไป-มาเป็นลักษณเลขแปด เป็นเวลา 5 นาที และผสมแบบเจือจางทีละส่วน (geometric dilution) ซึ่งเตรียมในห้องปฏิบัติการที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศไม่เกิน 50% และอุณหภูมิห้อง 25±1 °C จากนั้นนำไปทดสอบ

- ลักษณะการเกิดสภาวะแบบฟองฟู่ โดยเทส่วนผสมในบีกเกอร์ขนาด 250 mL เติมน้ำ 100 mL จับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชัน โดยบันทึกระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเทน้ำจนกระทั้งฟองยุบตัว (efferverscent time) และเห็นสีของสารละลายชัดเจน

กรมวิชาการเกษตร

- ลักษณะการละลายการละลาย โดยการสังเกตแล้วให้คะแนนลักษณะการละลาย (solubility score) ที่ปรากฏหลังสิ้นสุดปฏิกิริยาปฏิกิริยาคาร์บอเนชัน ตามวิธีของ Aslani (2013) ดังนี้

  5 = ละลายได้ดีมาก ไม่มีตะกอนเหลืออยู่

  4 = ละลายได้ดี มีตะกอนเหลืออยู่เล็กน้อย

  3 = ละลายได้ มีตะกอนเหลืออยู่ปานกลาง

  2 = ละลายได้เล็ก มีตะกอนเหลืออยู่อยู่มาก

  1 = ไม่ละลาย

  และวัดค่า pH ของสารละลายที่ได้

3. ทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค

คัดเลือกสูตรที่เหมาะสม แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค โดยวิธี 7-point hedonic scale กับผู้บริโภคจำนวน 30 คน

4. ศึกษาการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แบบกรานูล

4.1 เลือกใช้สูตรที่มีคะแนนความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคดีที่สุด มาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์แบบกรานูลต้นแบบ โดยชั่งส่วนผสมต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วผสมในกระป๋องพลาสติกตามวิธีการในข้อ 2.5 จากนั้นเทผงผสมลงในโกร่งเซรามิกแล้วบดให้ละเอียด แล้วนำอัดเป็นแผ่น slug โดยใช้โมด์ลอัดแป้งกับเครื่องอัดระบบลมเป็นเวลา 2 นาที จำนวน 2 ครั้ง นำแผ่น slug ที่ได้มาบดให้ละเอียดอีกครั้ง และร่อนผ่านตะแกรง เก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้ในถุงอลูมิเนียมและปิดผนึกสุญญากาศ

4.2 ทดสอบคุณสมบัติการไหลของผงยา (Flow property) โดยประยุกต์วิธีของ เชาวลิต (2557) และทัศนา (2564) ทำได้โดยหาค่า

- ความหนาแน่นรวม (bulk density; ρ_{bulk}) โดยการเติมผงผลิตภัณฑ์ที่ชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว (mass; m) ลงไปในกระบอกตวงขนาด 10 mL โดยที่ระวังไม่ให้ผงฯ เกิดการอัดแน่น แล้วอ่านค่าปริมาตรของผงฯ ที่บรรจุในกระบอกตวง (bulk volume; V_0) และคำนวณตามสูตร $\rho_{bulk}=m/V_0$ (g/cm3)

- ความหนาแน่น tapped (tapped density; ρ_{tapped}) โดยเคาะกระบอกตวงที่บรรจุผงฯ จากขั้นตอนการหาความหนาแน่นรวม แล้วยกและปล่อยกระบอกตวงที่ความสูงเดียวกันจำนวณ 5 ครั้ง อ่านค่าปริมาตรของผงฯ ที่บรรจุแล้วทำซ้ำต่อไปอีกรอบละ 5 ครั้ง จนอ่านได้ปริมาตรสุดท้ายค่อนข้างคงที่ (final volume; V_f) และคำนวณตามสูตร $\rho_{tapped}=m/V_f$ (g/cm^3)

- Compressibility index จากสูตร compressibility index = $((\rho_{tapped} - \rho_{bulk})/\rho_{tapped}) \times 100$ แล้วประเมินหาสมบัติการไหลตามระดับสเกลดังนี้

สมบัติการไหล (Flow property)	**Compressibility index**
Excellent	≤10
Good	11-15
Fair	16-20
Passable	21-25

กรมวิชาการเกษตร

Poor	26-31
Very poor	32-37
Very, Very poor	>38

ทดสอบกิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลน โดยละลายผงผลิตภัณฑ์ 6.83 g ในน้ำ 100 mL แล้วนำไปกิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนตามวิธีการในข้อ 1.2 และลักษณะการเกิดสภาวะแบบฟองฟู่กับลักษณะการละลายการละลายตามวิธีการในข้อ 2.5

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้สารสกัดแคปไซซินในผลิตภัณฑ์เจลนวด

(ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564)

สถานที่ทำการวิจัย กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

<u>อุปกรณ์</u>

1. ตู้อบลมร้อน
2. เครื่องกวนสาร (overhead stirrer)
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
4. เครื่องระเหยสุญญากาศ
5. HPLC (High performance Liquid Chromatography)
6. UV/VIS Spectrometer
7. เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์ ได้แก่ beaker, erlenmeyer flask, cylinder, volumetric flask, laboratory bottle, suction Flask

<u>วิธีการ</u>

1. การสกัดสารแคปไซซินจากพริก

สกัดพริกขี้หนูพันธุ์ซุปเปอร์ฮอตด้วยเอทานอลเข้มข้น 95 % อัตราส่วนของพริกแห้งต่อเอทานอล เท่ากับ 1:5 (w/v) ที่อุณหภูมิ 50 °c เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Gudeva *et. al*. 2013) จากนั้นนำสารสกัดจากพริกที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1.1 ปริมาณสารที่ได้จากการสกัด (%yield)

1.2 ปริมาณสารแคปไซซิน โดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (Zimmer *et. al*. 2012)

1.3. สารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) โดยวิธี Folin-Ciocalteu method (Zimmer *et. al*. 2012)

1.4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี DPPH Radical Scavenging Assay (Zimmer *et. al*. 2012)

2. การประยุกต์ใช้สารสกัดแคปไซซินในผลิตภัณฑ์เจลนวด โดยเตรียมผลิตภัณฑ์ตามสูตรมาตรฐาน แล้วเติมสารสกัดแคปไซซินปริมาณ 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยน้ำหนัก

สูตรมาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน ดังนี้

คาร์โบพอล	5.0 %

กรมวิชาการเกษตร

ไตรเอทาโนลาไมน์ 3.5 %

กลีเซอรีน 6.0 %

สารสกัดแคปไซซิน 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยน้ำหนัก

เติมน้ำสะอาดให้ส่วนผสมมีปริมาณครบ 100 %

วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน ดังนี้

2.1 ปริมาณสารแคปไซซิน โดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (Zimmer *et. al*. 2012)

2.2 สารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) โดยวิธี Folin-Ciocalteu method (Zimmer *et. al*. 2012)

2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี DPPH Radical Scavenging Assay (Zimmer *et. al*. 2012)

2.4 วิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน โดยวัดค่า pH และความข้นหนืด

2.4 การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน โดยวิธี Freeze and thaw cycle

3. การทดสอบความเป็นพิษ (cytotoxicity) ของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังมนุษย์ โดยสารมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ คือ Sodium lauryl sulfate ทดสอบความเป็นพิษของเซลล์ผิวหนังมนุษย์ด้วยวิธีการย้อมสี sulforhodamine

4. การทดสอบการระคายเคืองต่อผิวหนังในอาสาสมัครของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน โดยสารมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ คือ sodium lauryl sulfate โดยกำหนดพื้นที่ผิวหนังบริเวณผิวด้านในของอาสาสมัคร จำนวน 15 คน (ชาย 6 คน หญิง 9 คน) อายุระหว่าง 21-58 ปี วัดค่า erythema index ด้วยหัววัด Mexameter บนผิวหนังอาสาสมัครที่เวลาเริ่มต้น (0 ชั่วโมง) จากนั้นทาเจลนวดแคปไซซินปริมาณ 0.2 กรัม เปรียบเทียบกับการทาสารมาตราฐาน sodium lauryl sulfate บนผิวในพื้นที่ 2x2 ตารางเซนติเมตร แล้วติดสำลีแผ่นบนผิวหนังบริเวณที่กำหนดเป็นเวลา 4, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า erythema index ของผิวบริเวณที่ทาเจลนวดแคปไซซินกับผิวที่ทาสารมาตราฐาน sodium lauryl sulfate และผิวบริเวณที่ไม่ได้ทาสารใด โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยความแดง (erythema index) ที่เปลี่ยนแปลง

5. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน

การทดลองที่ 3 การผลิตสีผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท

(ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564)

สถานที่ทำการวิจัย กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

<u>อุปกรณ์</u>

1. วัสดุสำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ดอกอัญชัน มอลโตเด็กซ์ทริน glyceryl monosteatate (GMS) ไข่ขาวผง methocel น้ำตาล กรดซิตริก
2. บรรจุภัณฑ์ เช่น ถ้วยพลาสติก ถุงพลาสติก เป็นต้น
3. อุปกรณ์เครื่องครัวสแตนเลส
4. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โพแทสเซียมคลอดไรด์ กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมอะซิเตท

ศรีปทุมการเกษตร

5. เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR 400)
6. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอกทิวิตี: Water activity: aw) (Novasina, TH200)
7. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible spectrophotometer)
8. เครื่องเหวี่ยงแยกกาก (MIERO 22R, Hettich)
9. ตู้อบลมร้อน (WTC binder)
10. เครื่องปั่นไอศกรีม (TAYLOR, U.S.A)

<u>วิธีการ</u>

1. ศึกษาชนิดสารก่อโฟมที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ มี 3 กรรมวิธี ได้แก่

   กรรมวิธีที่ 1 methocel A4M

   กรรมวิธีที่ 2 ไข่ขาวผง (egg albumin)

   กรรมวิธีที่ 3 glyceryl monostearate (GMS)

   โดยเริ่มจากการสกัดสารสีจากดอกอัญชันแห้งด้วยสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.15 M สกัดที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 30 นาที อัตราส่วนดอกอัญชันแห้งต่อตัวทำละลาย 1:50 (w/v) นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกเพื่อให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8 °B ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 20% โดยน้ำหนัก เติมสารก่อโฟมปริมาณ 2.5% ทำการตีให้เกิดโฟม 15 นาที จากนั้นใส่ถุงบีบเป็นเส้นกว้าง 0.5-0.7 cm ยาว 34.36 cm ลงบนถาด และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และตรวจสอบคุณภาพของโฟม ได้แก่ ความคงตัว ความหนาแน่น การขึ้นฟู และตรวจสอบคุณภาพของสีผง ได้แก่ ค่าสี ความชื้น การละลาย ร้อยละผลผลิต ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ปริมาณแอนโทไซยานิน

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 5 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธี ได้แก่

   กรรมวิธีที่ 1 อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

   กรรมวิธีที่ 2 อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

   กรรมวิธีที่ 3 อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

   กรรมวิธีที่ 4 อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

   เตรียมตัวอย่างตามชนิดของสารก่อโฟมที่เหมาะสมจากข้อ 1 นำตัวอย่างอบแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามกรรมวิธี ทำการตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น การละลาย ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และปริมาณแอนโทไซยานิน

3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี ได้แก่

   กรรมวิธีที่ 1 อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

   กรรมวิธีที่ 2 อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

   กรรมวิธีที่ 3 อายุการเก็บรักษา 2 เดือน

   กรรมวิธีที่ 4 อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

   กรรมวิธีที่ 5 อายุการเก็บรักษา 4 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

เตรียมตัวอย่างสีผงบรรจุใส่ถุงอะลูมิเนียฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจคุณภาพทุก 1 เดือน ได้แก่ ค่าสี ความชื้น การละลาย ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ปริมาณแอนโทไซยานิน และคุณภาพด้านจุลินทรีย์

4. ศึกษาการประยุกต์ใช้สีผงในผลิตภัณฑ์ซอร์เบตและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

4.1 ศึกษาการประยุกต์ใช้สีผงในผลิตภัณฑ์ซอร์เบต เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซอร์เบตโดยใช้สูตรจากการผลิตน้ำอัญชันพร้อมดื่มมีส่วนผสมประกอบคือ น้ำ 81.5% น้ำตาล 16% และสีผง 2.5% จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่า มีรสชาติเปรี้ยวนำ ควรเพิ่มรสหวาน จึงทำการปรับสูตร โดยแปรระดับปริมาณน้ำตาล 5 ระดับ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ปริมาณน้ำตาล 16%
กรรมวิธีที่ 2 ปริมาณน้ำตาล 17%
กรรมวิธีที่ 3 ปริมาณน้ำตาล 18%
กรรมวิธีที่ 4 ปริมาณน้ำตาล 19%
กรรมวิธีที่ 5 ปริมาณน้ำตาล 20%

ตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scale (7 point) กำหนดคะแนน 1= ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ 5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง และ 7 = ชอบมาก โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบ 20 คน เพื่อคัดเลือกสูตรซอร์เบตที่เหมาะสม

4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซอร์เบต โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 อายุการเก็บรักษา 0 สัปดาห์
กรรมวิธีที่ 2 อายุการเก็บรักษา 1 สัปดาห์
กรรมวิธีที่ 3 อายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์
กรรมวิธีที่ 4 อายุการเก็บรักษา 3 สัปดาห์
กรรมวิธีที่ 5 อายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

เตรียมผลิตภัณฑ์ซอร์เบตตามสูตรที่เหมาะสม บรรจุตัวอย่างซอร์เบตลงในถ้วยพลาสติกขนาด 3 ออนซ์ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 °C สุ่มเก็บตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์ เพื่อตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 การผลิตผลิตภัณฑ์ช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่

1. การผลิตเอนไซม์บรอมิเลนผง

เอนไซม์บรอมิเลนผงผลิตได้จากการตีปั่นและคั้นน้ำจากผลสับปะรด แล้วนำมาสกัดเอนไซม์บรอมิเลนโดยตกตะกอนโปรตีนด้วยเอทานอลเย็น จากนั้นนำตะกอนโปรตีนที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 0.37 % ต่อน้ำหนักสด ผงโปรตีนมีสีเหลืองอ่อน มีค่าสี L* a* b* และ H เท่ากับ 42.4 0.5 5.1 และ 3.0Y ตามลำดับ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและความชื้นเป็น 0.15 และ 4.6±0.3 % ตามลำดับ และมีกิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนเท่ากับ 32,253.35±809.29 CDU/g

2. การศึกษาการผลิตเครื่องดื่มในรูปแบบกรานูลฟองฟู่

เนื่องจากองค์ประกอบของการตั้งตำรับเวชภัณฑ์ชนิดฟองฟู่นั้นจะประกอบด้วย สารสำคัญในการออกฤทธิ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เอนไซม์บรอมิเลนผงที่มีคุณสมบัติย่อยโปรตีนในระบบทางเดินอาหารได้ โดยมีส่วนผสมพื้นฐานสำหรับก่อให้เกิดสภาวะฟองฟู่ (Effervescent Base) ได้แก่สารกลุ่มคาร์บอเนตและกรดอินทรีย์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะเป็นแหล่งของคาร์บอนไดออกไซด์ และสารช่วยอื่นๆ เช่น สารยึดเกาะ (binder) สารแต่งกลิ่นรส (Flavor) และสารเพิ่มปริมาณ (Diluents) เป็นต้น จึงได้ทำการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การศึกษาชนิดและอัตราส่วนของส่วนผสมพื้นฐานสำหรับก่อสภาวะฟองฟู่ (Effervescent Base)

การศึกษาชนิดของกรดอินทรีย์พบว่ากรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซิตริก (Giyatmi, 2019) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสะเทินให้ก๊าซคาร์บอนได้ดี (พรศักดิ์, 2547) ละลายน้ำได้ดีมาก ไม่ดูดความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ในรูปของ Monohydrate และกรดผสมระหว่างกรดซิตริกกับกรดทาร์ทาริค (Jassim, 2018; SURINI, 2017; Naji-Tabasi, 2021) ซึ่งละลายน้ำได้ดีเช่นกัน ไม่ดูดความชื้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความชื้นสัมพันธ์ต่ำกว่า 65 % โดยกรดทาร์ทาริคมีความเป็นกรดน้อยกว่าและมีรสชาติเปรี้ยวที่แตกต่างจากกรดซิตริก อีกทั้งยังช่วยให้ตำหรับไม่เหนียวมากจนเกินไป โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดใช้กรดซิตริกผสมกับกรดทาร์ทาริคที่อัตราส่วน 1:0 2:1 1:1 1:2 และ 0:1 กับโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.77 g แล้วแปรปริมาณกรดอินทรีย์ดังกล่าว 3 ระดับ ได้แก่ 0.61 0.77 และ 1.03 g รวม 15 อัตราส่วน ออกแบบการทดลองแบบ CRD ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งแต่ละอัตราส่วนจะมีเอนไซม์บรอมิเลน 0.1 g เป็นส่วนผสมด้วย เมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวเติมน้ำกลั่น 100 mL จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชันจากการสะเทินโซเดียมไบคาร์บอเนตด้วยกรดอินทรีย์ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือซิเตรด เกลือทาร์เทรต โมเลกุลน้ำ และฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลักษณะที่เป็นฟองฟู่หนาแน่น กระจายตัวแล้วลอยออกจากสารละลายทันที และมีลักษณะเป็นฟองโฟมลอยอยู่บนผิวหน้าของสารละลาย หลังจากนั้นฟองจะค่อยๆ ยุบตัวจนเหลือเป็นสารละลายใส ดังแสดงใน figure 1a โดยเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาในการเกิดสภาวะฟองฟู่ (efferverscent time) ใน Table 1 ซึ่งพบว่ากรดอินทรีย์ 1.03 g ที่อัตราส่วนกรดซิตริก:กรดทาร์ทาริค (C:T) เป็น 1:0 ให้ระยะเวลาการเกิดสภาวะฟองฟู่เร็วที่สุด *($p \leq 0.05$)* แต่กรดอินทรีย์ 0.77 g ที่อัตราส่วน C:T เป็น 1:0 และกรดอินทรีย์ 0.61 g อัตราส่วน C:T เป็น 2:1 ช้ากว่าอย่างมีนัยสำคัญ *($p \leq 0.05$)* ในขณะที่อัตราส่วนอื่นๆ

กรมวิทยาศาสตร์

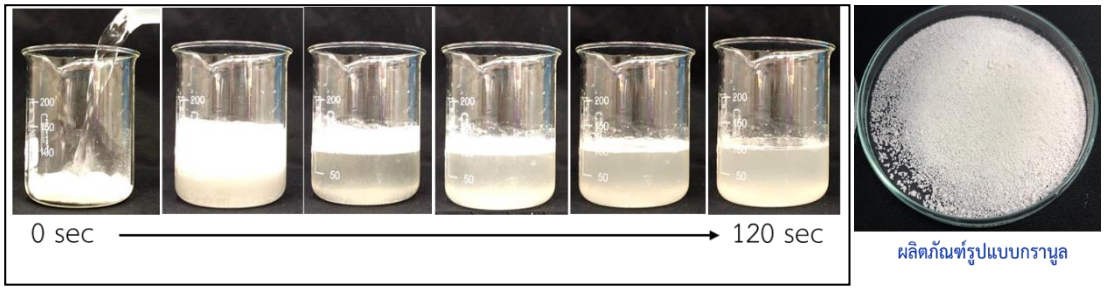
ให้ระยะเวลาการเกิดสภาวะฟองฟู่ไม่แตกต่างจากสามอัตราส่วนดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และทุกอัตราส่วนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งหมด คือต้องน้อยกว่า 5 นาที (Giyatmi, 2019) ค่า pH ของสารละลายที่ได้จะลดลงตามลำดับเมื่อปริมาณกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณกรดที่มากเกินพอนี้ทำให้สารละลายมีรสชาติเปรี้ยวเล็กน้อย-เปรี้ยวมากเมื่อปริมาณกรดอินทรีย์เป็น 0.77 และ 1.03 g การสังเกตลักษณะสารละลายที่ปรากฏพบว่าแทบทุกอัตราส่วนละลายได้ค่อนข้างดี 4-5 (solubility score 4-5) โดยมีตะกอนเกลือเกิดขึ้นเล็กน้อย จากผลการทดลองผู้วิจัยจึงเลือกสภาวะที่ใช้กรดอินทรีย์ 1.03 กรัม โดยมีอัตราส่วนของกรดซิตริก:กรดทาร์ทาริคเป็น 1:0 เป็นสภาวะเหมาะสมที่หนึ่ง และอัตราส่วนของกรดซิตริก:กรดทาร์ทาริคเป็น 2:1 เป็นสภาวะที่ 2 เนื่องจากระยะเวลาในการเกิดสภาวะฟองฟู่ได้ใกล้เคียงกัน อีกทั้งมีรสชาติเปรี้ยวที่ดีกว่ากรดซิตริกเพียงอย่างเดียว ประกอบกับกรดทาร์ทาริกนั้นมีราคาสูงจึงเลือกใช้ในปริมาณที่ไม่มากเกินจำเป็น

Table 1 Results of the effervescent effect by varied the weight of organic acid and the citric acid-tartaric acid ratio with 0.77 g of sodium bicarbonate

Weight of	Acid ratio	Effervescent	pH	Solubility
0.61	1:0	195.0±17.7 ab	5.7	5
	2:1	210.3±12.6 b	6.2	5
	1:1	187.7±11.7 ab	6.4	5
	1:2	195.3±15.6 ab	6.0	5
	0:1	201.3±21.2 ab	6.2	4
0.77	1:0	205.7±22.2 b	5.3	5
	2:1	198.3±16.2 ab	5.4	4
	1:1	189.3±15.3 ab	5.8	4
	1:2	198.7±11.9 ab	5.3	5
	0:1	173.3±26.3 ab	5.0	3
1.03	1:0	166.0±37.2 a	4.8	5
	2:1	187.7±4.2 ab	4.5	5
	1:1	195.7±23.7 ab	4.6	4
	1:2	189.3±16.2 ab	4.4	4
	0:1	195.7±13.9 ab	4.2	4

In a column, means followed by different letter are significantly different ($p\leq0.05$) by DMRT

กรมวิชาการเกษตร



a b

Figure 1 Appearance of a) an effervescent effect b) effervescent granule powder

เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชันทำให้เกิดฟองฟู่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้เอนไซม์บรอมิเลนซึ่งเป็นไฮโดรโฟบิกโปรตีนก่อตัวเป็นฟองโฟม (Ackermann, 2003) ซึ่งเมื่อปฏิกิริยาคาร์บอเนชันค่อยๆ ลดลง ฟองโฟมก็จะค่อยยุบตัวลง แต่พบว่ายังมีฟองโฟมบางส่วนซึ่งสลายตัวไม่หมด ลอยอยู่บนผิวของสารละลายและเกาะข้างภาชนะ ที่อาจส่งผลให้ผู้บริโภครู้สึกดูไม่น่ารับประทาน จึงได้มีการเติมสารลดการก่อโฟมเกรดอาหาร ปริมาณ 1.2% (0.036 g) (ใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 418), 2563) ลงในสูตรสำหรับการทดลองต่อไป

2.2 การศึกษาอัตราส่วนเอนไซม์บรอมิเลนผงที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์

ศึกษาปริมาณการเติมเอนไซม์บรอมิเลนผงที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณที่ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 g ลงในส่วนผสมของสารก่อสภาวะฟองฟู่ (Effervescent Base) ซึ่งประกอบด้วยกรดอินทรีย์ 1.03 g กับโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.77 g โดยที่อัตราส่วนกรดซิตริกกับกรดทาร์ทาริค (C:T) เป็น 1:0 และ 2:1 กำหนดปริมาณสารเติมแต่งอื่นๆ ได้แก่ พีวีพี (PVP-K30) 5% ซึ่งใช้เป็นสารยึดเกาะและสารลดโฟม 1.2 % โดยน้ำหนัก ปรับปริมาตรเป็น 3 g ด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน รวมจำนวน 8 สูตร (Table 2) พบว่าหลังจากปฏิกิริยาคาร์บอนเนชันจะได้สารละลายที่มีสีเหลืองเข้มขึ้นตามปริมาณผงเอนไซม์บรอมิเลนที่มากขึ้นในสูตร และมีระยะเวลาในการเกิดสภาวะฟองฟู่มากขึ้นด้วยอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในลักษณะเดียวกันกับทั้งสอง Effervescent Base เนื่องจากปริมาณโปรตีนยิ่งมากจะทำให้เกิดฟองโฟมหนา อีกทั้งยุบตัวได้ช้าลง สูตรที่มีเอนไซม์บรอมิเลนผงปริมาณ 0.3 และ 0.4 g พบคราบและกลุ่มก้อนของเอนไซม์ ที่ละลายไม่หมดที่ระดับ 3-4 (Figure 2) ในขณะที่สูตรที่มีเอนไซม์บรอมิเลนผง 0.1 และ 0.2 g จะละลายได้ดีกว่าที่ระดับ 4-5 ซึ่งที่ 0.1 g มีระยะเวลาการเกิดสภาวะฟองฟู่สั้นที่สุดและละลายได้ดีที่สุด *($p \leq 0.05$)* อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พิจารณาถึงสูตรผลิตภัณฑ์จะต้องมีปริมาณเอนไซม์บรอมิเลนผงที่มากที่สุดที่สามารถละลายได้หมดภายใต้สภาวะดังกล่าวข้างต้น จึงได้เลือกใช้เอนไซม์บรอมิเลนผง 0.2 g เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาขั้นตอนต่อไป

กรมวิทยาศาสตร์

Table 2 Results of the effervescent effect by varied bromelain powder 0.1-0.4 g with 60% of the effervescent based (1.03 g of total acid and 0.77 g of sodium bicarbonate)

Acid ratio (Citric acid : Tartaric acid)	Bromelain powder (g)	Effervescent time (sec)	pH	Solubility score
1:0	0.1	74.0±9.3 a	4.8	5
	0.2	115.0±10.2 bc	4.9	4
	0.3	98.8±25.3 b	4.9	4
	0.4	153.8±11.2 d	4.9	3
2:1	0.1	74.0±7.2 a	4.5	5
	0.2	125.5±7.2 c	4.5	5
	0.3	221.3±10.3 e	4.5	4
	0.4	250.0±16.4 f	4.6	3

In a column, means followed by different letter are significantly different ($p \leq 0.05$) by DMRT

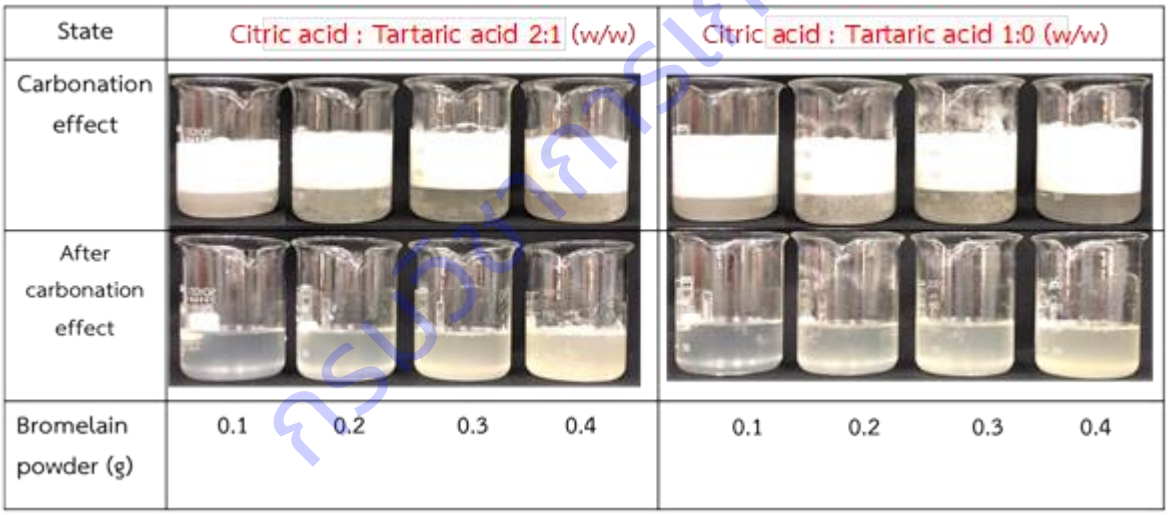


Figure 2 Appearance of the effervescent effect by varied bromelain powder 0.1-0.4 g with 60% of the effervescent based (1.03 g of total acid and 0.77 g of sodium bicarbonate)

2.3 การศึกษาปริมาณส่วนผสมพื้นฐานสารก่อสภาวะฟองฟู่ในสูตรผลิตภัณฑ์

เนื่องจากปริมาณส่วนผสมของสารก่อสภาวะฟองฟู่ หรือ Effervescent based มีผลต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งลักษณะการละลายและรสชาติ จึงได้แปรปริมาณ Effervescent based ที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์ 50-80% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์รวม กำหนดอัตราส่วนของกรดอินทรีย์โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ใช้เป็น 1.03:0.77 และอัตราส่วนกรดซิตริก:กรดทาร์ทาริค (C:T) เป็น 1:0 และ 2:1 ตามผลการทดลองข้อ 2.1 ปริมาณผงเอนไซม์และสารองค์ประกอบอื่นๆ ตามผลการทดลองข้อ 2.2 จากนั้นปรับน้ำหนักเป็น 3 g ด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน รวมจำนวน 8 สูตร (Table 3) พบว่าปริมาณ Effervercent base ที่เพิ่มขึ้นจะให้ลักษณะ

กรมวิทยาศาสตร์

การเกิดสภาวะฟองฟู่ที่รุนแรง และหนาแน่นมากขึ้นตามลำดับ (Figure 3) แต่ระยะเวลาในการเกิดสภาวะฟองฟู่จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ *($p \leq 0.05$)* เมื่อปริมาณ Effervercent based เป็น 70 และ 80 % อีกทั้งช่วยให้การละลายของส่วนผสมต่างๆ ดีขึ้น (ระดับ 4) แต่ปริมาณ Effervercent base ที่ 50 % ไม่เพียงพอที่จะทำให้ส่วนผสมต่างๆ ละลายได้หมด (ระดับ 3) โดยการสังเกตุลักษณะที่ปรากฏหลังสิ้นสุดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน และเนื่องจาก Effervercent base 80% ให้สภาวะการการเกิดสภาวะฟองฟู่ที่หนาแน่นเกินไป ที่อาจส่งผลให้ล้นออกจากภาชนะได้เมื่อนำไปใช้ ดังนั้นจากผลการทดลองจึงได้คัดเลือกปริมาณส่วนผสมสารก่อสภาวะฟองฟู่ที่ 70% โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์เมื่อส่วนผสมทั้งหมดรวมเป็น 3 g เป็นสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งสูตรของส่วนผสมสารก่อสภาวะฟองฟู่ที่มีอัตราส่วน ของ C:T 1:0 จะประกอบด้วย กรดซิตริก 1.20 g และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.90 g และสูตรที่มีอัตราส่วน ของ C:T 2:1 จะประกอบด้วย กรดซิตริก กรดทาร์ทาริค และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.80 0.4 และ 0.9 g ตามลำดับ

Table 3 Results of the effervescent effect by varied 50-80% of the effervescent based with the acid -sodium bicarbonate ratio as 1.03:0.77

Acid ratio (Citric acid : Tartaric acid)	Total effervescent based %(w/w)	Effervescent time (sec)	pH	Solubility score
1:0	50	131.5±9.04 bc	4.83	3
	60	129.5±11.12 bc	4.82	4
	70	126.0±7.39 bc	4.63	4
	80	96.3±5.12 a	4.55	4
2:1	50	141.8±10.72 c	4.26	3
	60	119.3±13.38 b	4.37	4
	70	97.3±23.20 a	4.47	4
	80	85.3±16.82 a	4.53	4

In a column, means followed by different letter are significantly different ($p \leq 0.05$) by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

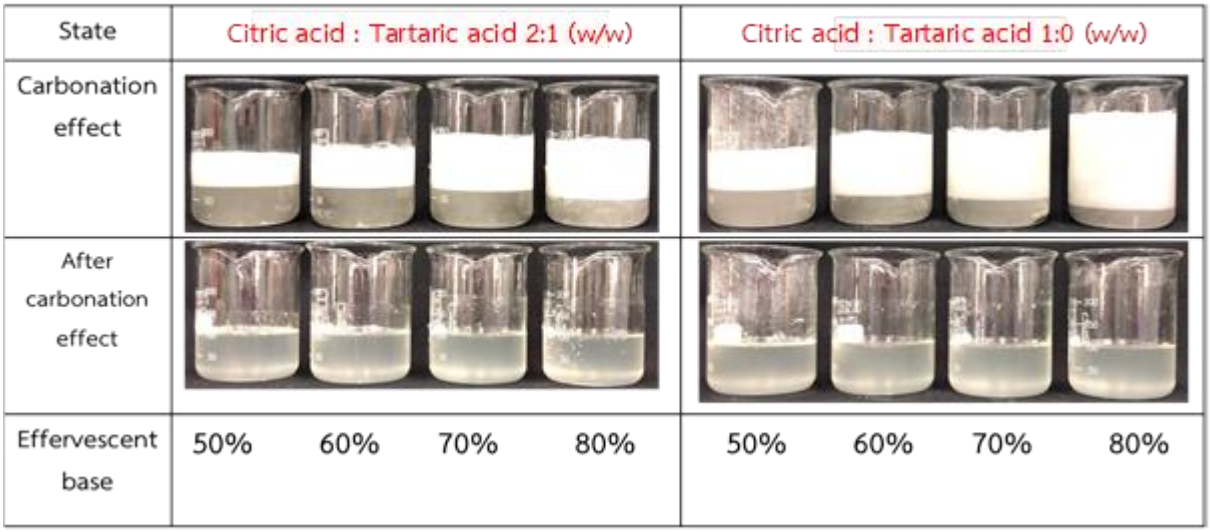


Figure 3 Appearance of of the effervescent effect by varied 50-80% of the effervescent based with the acid -sodium bicarbonate ratio as 1.03:0.77

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค

การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคเบื้องต้นจากสูตรส่วนผสมสารก่อสภาวะฟองฟู่ที่มีอัตราส่วน C:T เท่ากับ 1:0 (กรดซิตริก 1.20 g และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.90 g) และสูตรที่มีอัตราส่วน C:T เท่ากับ 2:1 (กรดซิตริก 0.80 g กรดทาร์ทาริค 0.4 g และโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.9 g) โดยทั้งสองสูตรมีเอนไซม์บรอมิเลนผง 0.2 g พีวีพี 0.15 g และสารลดการก่อโฟม 0.036 g แล้วนำมาเติมซูคลาโรสซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวาน (มีความหวานกว่าน้ำตาลซูโครสถึง 600 เท่า) ปริมาณ 0.007 g ซึ่งเป็นปริมาณมากที่สุดซึ่งไม่เกินข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 418) ปี 2563 (ไม่เกิน 2400 mg/Kg ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร) พบว่ายังให้ความหวานไม่เพียงพอในผลิตภัณฑ์ที่จะทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจ จึงได้เติมไซลิทอลเป็นสารให้ความหวานอีกชนิดหนึ่งเพิ่มไปเป็นปริมาณ 0.8 g ซึ่งทำมีให้ความหวานเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ยังทำการเติมสารให้กลิ่นสับปะรดทางการค้า (0.12 g) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น จะได้สูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมจำนวณ 2 สูตร (Table 4) ที่มีปริมาณ 3.41 g ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทดสอบด้วยวิธี hedonic scale (7 ระดับ) จำนวน 30 คน ที่ช่วงอายุ 21-54 ปี โดยเติมลงในน้ำ 100 mL แล้วให้ผู้บริโภคสังเกตลักษณะของเครื่องดื่มแบบฟองฟู่ที่ปรากฏ และทดสอบชิมรสชาติหลังฟองในสารละลายยุบตัว พบว่าสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวม เป็น 5.8 5.48 5.67 5.89 และ 5.93 ตามลำดับ และสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวม เป็น 5.04 5.19 5.78 5.33 และ 5.74 ตามลำดับ (Table 5) โดยคะแนนด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมทั้งสองสูตรไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* แต่สูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ และกลิ่นรส (flavor) ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ *($p\leq0.05$)* แม้ว่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่ต่างกันแต่การมีส่วนผสมของกรดทาร์ทาริกอาจส่งเสริมให้มีกลิ่นรสที่ดีกว่า

กรมวิทยาศาสตร์

Table 4 The suitable formula for effervescent granules production

Component	Recipe 1		Recipe 2	
	Ratio (%)	Quantity per serving 3.41g (g)	Ratio (%)	Quantity per serving 3.41g (g)
Citric	23.4	0.800	35.2	1.200
Tartaric	11.7	0.400	11.7	0.400
Sodium bicarbonate	26.4	0.900	26.4	0.900
Enzyme	5.9	0.200	5.9	0.200
PVP	4.4	0.150	4.4	0.150
Antifoam	1.1	0.036	1.1	0.036
Sucralose	0.2	0.007	0.2	0.007
Xylital	23.4	0.800	23.4	0.800
Flavor	3.5	0.120	3.5	0.120

Table 5 Sensory results of each effervescent granules recipe

Recipe	Appearance	Color	Taste	Flavor	Overall liking
1	5.81±0.88 a	5.48±0.75 a	5.67±1.11 a	5.89±0.80 a	5.93±0.73 a
2	5.04±1.19 b	5.19±0.88 a	5.78±0.93 a	5.33±1.00 b	5.74±1.10 a

In a column, means followed by different letter are significantly different ($p \leq 0.05$) by DMRT

4. การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แบบกรานูล

เนื่องจากสูตรที่ 1 ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนใน Table 3 มีคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคบางด้านที่เด่นกว่าสูตรที่ 2 จึงได้เลือกเตรียมผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มาผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ โดยเลือกใช้วิธีการเตรียมกรานูลแห้ง (dry granulation) และประยุกต์ใช้วิธีการอัดด้วยเครื่องอัดระบบแรงดันลมแทนการตอกเม็ดหรืออัด slug ด้วยคอมแพคเตอร์ (Rakte, 2014) เมื่อนำผลิตภัณฑ์แบบผงกรานูล (Figure 1b) และแบบผงผสมที่ไม่ผ่านกระบวนการทำกรานูลนั้นไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ จะได้ผลดังแสดงใน Table 6 โดยผงกรานูลที่ผลิตได้มี Compressibility Index เป็น 11.14±1.40 ซึ่งอยู่ในช่วงสมบัติการไหลของผงยาที่ดี (Good =11-15) ส่วนผงผสมมี Compressibility Index เป็น 21.25±3.31 อยู่ในช่วงสมบัติการไหลของผงยาแบบพอใช้ได้ (Passable = 21-25) แสดงให้เห็นว่าสูตรผลิตภัณฑ์นี้สามารถผลิตในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ได้จริงภายใต้กระบวนการทำกรานูลแห้งดังกล่าว ซึ่งยืนยันได้จากการมีสมบัติการไหลของผงยาที่ดีขึ้น โดยที่มีระยะเวลาในการเกิดสภาวะฟองฟู่ไม่แตกต่างไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และยังคงกิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนไว้ได้ถึง 87.9% (คำนวณจากร้อยละของค่ากิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนผงกรานูลต่อผงผสม) ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ใน

งานวิจัยนี้ยังคงก่อให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนได้ดีและยังสามารถคงกิจกรรมการย่อยในระบบทางเดินอาหารได้เช่นกัน (Hale, 2004)

Table 6 Properties of effervescent product form

Product Form	Bulk density g/cm^3	Tapped density g/cm^3	Compressibility Index	Flow characters	Bromelain activity (CDU/g)	Effervescent time (sec)
Mixing powder	0.61±0.01	0.77±0.03	21.25±3.31	Passable	33,325±562 a	102.75±10.53
Granule powder	0.43±0.00	0.48±0.01	11.14±1.40	**Good**	29,288±307 b	94.00±5.48

In a column, means followed by different letter are significantly different ($p \leq 0.05$) by t-test

4. ต้นทุนการผลิต

- ต้นทุนการผลิตเอนไซม์บรอมิเลนผง 100 กรัม ใช้สับปะรดปัตตาเวีย 25.30 กก. เท่ากับ 329.10 บาท และเอทานอล 86.4 ลิตร เท่ากับ 7,191.5 บาท รวมเป็น 7,520.60 บาท โดยไม่คิดค่าพลังงาน

- ต้นทุนการผลิตจากสูตรที่ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคมากกว่า จะได้ต้นทุนต่อหนึ่งหน่วยบริโภคเป็น

กรดซิตริก(แอนไฮดรัส)	= 0.10 บาท
กรดทาร์ทาริก	= 0.09 บาท
โซเดียมไบคาร์บอเนต	= 0.09 บาท
เอนไซม์บรอมิเลนผง	= 15.04 บาท
พีวีพี	= 0.16 บาท
สารลดการก่อโฟม	= 0.10 บาท
ซูคราโลส	= 0.03 บาท
ไซลิทอล	= 0.24 บาท
สารให้กลิ่นสับปะรด	= 0.11 บาท

รวมเป็น 15.96 บาท โดยไม่รวมค่าพลังงาน

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้สารสกัดแคปไซซินในผลิตภัณฑ์เจลนวด

1. การสกัดสารแคปไซซินจากพริก

การสกัดสารแคปไซซินจากพริกทำได้โดยอบพริกสดที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นระยะเวลา 24 ชม. จากนั้นทำการสกัดพริกด้วยเอทานอล 95% ที่อัตราส่วน 1:5 จะได้สารสกัดแคปไซซินในรูปของเหลวข้นหนืดที่เรียกว่าโอเรโอเรซิน (oleoresin) (Figure 4) ที่มีปริมาณผลผลิต 13.85 % มีปริมาณสารแคปไซซิน 2213.54 mg/g สารฟี

กรมวิชาการเกษตร

นอลิกทั้งหมด 1964.56 (mg gallic acid/g) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH %) SC_{50} เท่ากับ 41.29 (Table 7)

Figure 4 Capsaicin extracts (crude extract) from Chilis

Table 7 Capsaicin content, total phenolic content and antioxidant activity of Capsaicin extracts

Phytochemical	Content
Capsaicin content (mg/g)	2213.54
Total phenolic content (mg gallic acid/g)	1964.56
Antioxidant Activity (DPPH %) SC_{50} (w/v)	41.29

เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดแคปไซซินของ Gudeva *et. al*. (2013) ที่ทำการสกัดสารแคปไซซินจากพริกโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 96% (v/v) พบว่าสารสกัดที่ได้มีความเข้มข้นของสารแคปไซซิน 12.712 mg/ml ซึ่งสารสกัดแคปไซซินที่สกัดได้ในการวิจัยนี้มีปริมาณสารแคปไซซินในปริมาณที่สูงกว่าอาจเนื่องมาจากพันธุ์พริกที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ซึ่งพริกแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารแคปไซซินแตกต่างกัน

2. การประยุกต์ใช้สารสกัดแคปไซซินในผลิตภัณฑ์เจลนวด

ศึกษาการผลิตเจลนวดแคปไซซินจำนวน 3 สูตรโดยเติมสารสกัดแคปไซซินจากพริกปริมาณแตกต่างกัน ได้แก่ 1.0, 1.5 และ 2.0 % ในสูตรเบสเจล ซึ่งมีส่วนผสม ดังนี้ คาร์โบพอล (Carbopol) 5 % ไตรเอทาโนลามีน (triethanolamine) 3.5 % กลีเซอรีน (glycerin) 6 % และน้ำสะอาด ได้ผลิตภัณฑ์เจลนวดที่มีลักษณะเป็นเจลใสสีส้ม (Figure 5) เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินในเจลนวดทั้งสามสูตร พบว่าสูตรที่นำไปศึกษาต่อ คือ เจลนวดแคปไซซินที่เติมสารสกัดแคปไซซินปริมาณ 1.5 % เนื่องจากมีปริมาณสารแคปไซซินใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (Table 8)

กรมวิชาการเกษตร

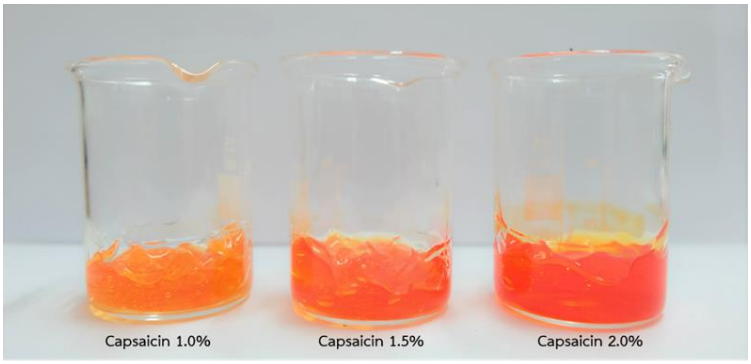


Figure 5 Capsaicin massage gel with capsaicin extracts 1.0 %, 1.5 % and 2.0 %

Table 8 Capsaicin content of capsaicin massage gels with capsaicin extracts

Sample	Capsaicin content (%/weight sample)
Capsaicin massage gel with capsaicin extracts 1.0 %	0.0086
Capsaicin massage gel with capsaicin extracts 1.5 %	0.0123
Capsaicin massage gel with capsaicin extracts 2.0 %	0.0182

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินที่เติมสารสกัดแคปไซซินปริมาณ 1.5 % พบว่าผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินมีปริมาณสารแคปไซซิน 0.0123 (% ต่อน้ำหนักตัวอย่าง) (Figure 6) ซึ่งปริมาณสารแคปไซซินใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่มีปริมาณสารแคปไซซิน 0.0125 % นอกจากนี้เจล นวดแคปไซซินยังมีสารฟีนอลิกทั้งหมด 2.83 (mg gallic acid/g) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH %) SC50 เท่ากับ 0.11±4.34 mg/ml คิดเป็น 0.001 เท่าของวิตามินซี ซึ่งมีค่า SC50 เท่ากับ 0.01±000 (Table 9)

Figure 6 Capsaicin massage gel with capsaicin extracts 1.5 %

กรมวิทยาศาสตร์

Table 9 Capsaicin content, total phenolic content and antioxidant activity of Capsaicin massage gel with capsaicin extracts 1.5 %

Phytochemical	Content
Capsaicin content (% /weight sample)	0.0123±0.0020
Total phenolic content (mg gallic acid/g)	2.83±0.19
Antioxidant Activity (DPPH %) SC_{50} (w/v)	10.11±4.34

การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน พบว่าผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินมีค่า pH เท่ากับ 6.9 และมีความข้นหนืดเท่ากับ 2485 g เมื่อทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์เจลนวดโดยวิธี Freeze and thaw cycle พบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีไม่เกิดการแยกชั้น

3. การทดสอบความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน

การทดสอบความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังมนุษย์ (Table 10) พบว่าผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินความเข้มข้น 0.001-1 mg/ml ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ โดยมี % การรอดชีวิตอยู่ระหว่าง 95.07-101.13 % ในขณะที่ความเข้มข้น 10 mg/ml เป็นพิษต่อเซลล์ โดยมี % การรอดชีวิตอยู่ระหว่าง 55.30±0.57 % ส่วน Sodium lauryl sulfate เป็นพิษต่อเซลล์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1 mg/ml โดยมี % การรอดชีวิตเท่ากับ 21.15±0.80 และ 19.61±1.32 % ตามลำดับ

Table 10 Cytotoxicity test on dermal fibroblast of capsaicin massage gel

Sample / Concentration (mg/ml)	Cell viability (%)					
	0.0001	0.001	0.01	0.1	1	10
Capsaicin massage gel	ND	101.13±1.32	99.59±3.74	99.93±3.98	95.07±5.72	55.3±0.57
Sodium lauryl sulfate	103.99±1.57	101.79±2.75	97.05±2.45	21.15±0.80	19.61±1.32	ND

4. การทดสอบการระคายเคืองต่อผิวหนังในอาสาสมัครของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน

การทดสอบการก่อการระคายเคืองของผลิตภัณฑ์เจลนวดนวดแคปไซซิน (Figure 7) พบว่า อาสาสมัครจำนวน 11 คน (74 %) ไม่พบการระคายเคืองที่ผิวหนังบริเวณที่ทาผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน ขณะที่ผิวหนังของอาสาสมัครจำนวน 4 คน (26 %) ที่ทาเจลนวดแคปไซซินเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง มีอาการบวมและแดงเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า แต่อาการเหล่านี้หายไปเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง (Figure 8) ส่วนผิวบริเวณที่ทา 20 % sodium lauryl sulfate มีความแดงและเกิดรอยเหี่ยวย่น ในขณะที่ผิวบริเวณที่ไม่ได้ทาสารใดไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาทดสอบ (ชั่วโมงที่ 4, 24, 48 และ 72)

กรมวิชาการเกษตร

Figure 7 Skin irritation test of capsaicin massage gel on skin of volunteers.

Figure 8 Skin characteristic of 1 volunteer after applied capsaicin massage gel for 2 hours

เมื่อวัดความแดงของผิวด้วยหัววัด Mexameter ของผิวหนังอาสาสมัคร (Table 11) พบว่าค่าเฉลี่ยความแดงของผิวอาสาสมัครหลังทาเจลนวดแคปไซซินตลอดระยะเวลาทดสอบ (ชั่วโมงที่ 4, 24, 48 และ 72) ไม่แตกต่างกับก่อนทาตัวอย่างทดสอบ ในขณะที่ผิวอาสาสมัครที่ทา 20 % sodium lauryl sulfate มีค่าเฉลี่ยความแดงเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ หลังทานาน 4 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับก่อนทาตัวอย่าง ดังนั้นเจลนวดแคปไซซินไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังในอาสาสมัครส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามเจลนวดแคปไซซินอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองในอาสาสมัครบางคน เช่น บวม แดงและคัน ได้

Table 11 Erythema index of 15 volunteers after applied capsaicin massage gel, 20% Sodiumlauryl sulfate and control (no sample) for 4, 24, 48 and 72 hours

sample	Erythema index				
	0 hour	4 hours	24 hours	48 hours	72 hours
Capsaicin massage gel	164.21±39.05	227.88±47.36	169.08±30.72	162.21±27.85	164.63±33.07
20% Sodium lauryl sulfate	163.75±32.45	239.13±37.33	172.50±40.89	172.42±24.53	167.75±26.70
control	167.17±45.18	165.75±40.21	168.50±56.78	164.25±52.22	165.29±47.93

กรมวิทยาศาสตร

5. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน

สารสกัดแคปไซซิน ปริมาณ 1.5 g ราคาต้นทุนการผลิต 8.76 บาท ต้นทุนไม่รวมค่าอุปกรณ์เครื่องมือ และพลังงานเชื้อเพลิง)

พริกขี้หนู	ราคา	1.29	บาท
เอทานอล 95 %	ราคา	7.47	บาท

เจลนวดแคปไซซินปริมาณ 100 กรัม ราคาต้นทุนการผลิต 18.88 บาท (ต้นทุนไม่รวมค่าอุปกรณ์เครื่องมือ และพลังงานเชื้อเพลิง)

คาร์โบพอล 5.0 %	ราคา	7.95	บาท
ไตรเอทาโนลาไมน์ 3.5 %	ราคา	0.70	บาท
กลีเซอรีน 6.0 %	ราคา	0.63	บาท
สารสกัดแคปไซซิน 1.5 %	ราคา	8.76	บาท
น้ำ 84.0 %	ราคา	0.84	บาท

เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เจลสารสกัดพริกทางการค้า พบว่าผลิตภัณฑ์เจลสารสกัดพริกทางการค้าปริมาณ 100 กรัม ราคาประมาณ 150 บาท

การทดลองที่ 3 การผลิตสีผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท

1. การศึกษาชนิดสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการผลิตสีผง

การตรวจคุณภาพของโฟมสีดอกอัญชันโดยใช้สารก่อโฟมที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้ผลดัง (Table 12) พบว่า โฟมจากสารก่อโฟม methocel มีความคงตัว (ปริมาณของเหลวที่แยกตัวออกจากโฟมเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง) ดีที่สุด คือมีค่าความคงตัวต่ำที่สุด 1.70 ml แสดงว่าโฟมจาก methocel มีความคงตัวมากกว่าโฟมจากไข่ขาวผงและโฟมจาก GMS นั่นคือ methocel สามารถช่วยกักเก็บอากาศไว้ได้นานทำให้โฟมไม่ยุบตัวเร็ว (Figure 9) โฟมจากไข่ขาวผงมีความหนาแน่นน้อยที่สุดและมีการขึ้นฟูมากที่สุด แต่มีความคงตัวน้อยกว่าโฟมจาก methocel แสดงว่าโฟมจากไข่ขาวผงสามารถกักเก็บอากาศไว้ได้มากที่สุดแต่จะยุบตัวเร็วกว่าโฟมจาก methocel สำหรับโฟมจาก GMS มีค่าความคงตัวสูง (13.34 ml) และมีการขึ้นฟูต่ำกว่าโฟมจาก methocel และโฟมจากไข่ขาวผง แสดงว่าโฟมจาก GMS สามารถกักเก็บอากาศได้น้อยและไม่นาน ทำให้โฟมไม่คงตัวและยุบตัวเร็ว โดยค่าความหนาแน่นและปริมาณการแยกตัวของของเหลวของโฟม (ค่าความคงตัว) มีความสัมพันธ์กัน คือโฟมที่มีความหนาแน่นน้อยมีปริมาณการแยกตัวของของเหลวต่ำ แสดงว่าโฟมนั้นมีความคงตัวสูง ดังนั้นจากข้อมูลคุณภาพของโฟมสีอัญชัน โฟมจาก methocel เป็นโฟมที่มีความคงตัวดีที่สุด เนื่องจาก methocel เป็นกัมมีคุณสมบัติเป็นเจลทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงตึงผิว ช่วยในการยึดเกาะและทำให้อิมัลชั่นคงตัว เป็นคุณสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้เกิดโฟมและความคงตัวในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำแห้งแบบโฟมแมท (Sharma and Gujral, 2011) เมื่อนำโฟมจากสารก่อโฟม 3 ชนิด อบที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า โฟมจาก methocel มีความคงตัวดี ไม่ยุบโฟมแห้งภายในเวลา 3 ชั่วโมง โฟมจากไข่ขาวผงแห้งภายใน 3 ชั่วโมง แต่เกิดการยุบตัวระหว่างอบแห้งในขณะที่โฟมจาก GMS เกิดการยุบตัวเป็นน้ำ และต้องใช้เวลาอบนานกว่า 3 ชั่วโมง (Figure 10) และการเก็บตัวอย่างโฟมสีด

ลิขสิทธิ์การเกษตร

อกอัญชันจากสารก่อโฟม GMS ทำได้ยากกว่าโฟมสีจากสารก่อโฟม methocel และไข่ขาวผง จากการตรวจคุณภาพของสีผง พบว่าสีผงจากสารก่อโฟม GMS มีสีเข้มที่สุด โดยมีค่าสี L* (ความสว่าง) ต่ำกว่าสีผงจากสารก่อโฟมไข่ขาวผงและ methocel ความชื้นของสีผงจากสารก่อโฟม GMS มีค่าสูงสุดแต่ไม่เกิน 5.0% ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ผง เช่น นมผง (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) กาแฟสำเร็จรูป (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) กำหนดให้มีความชื้นไม่เกิน 5.0% การละลายของสีผงจากสารก่อโฟม GMS มีค่ามากที่สุด แสดงว่าสีผงจากสารก่อโฟม GMS ละลายน้ำได้ดี สีผงจากสารก่อโฟม 3 ชนิด มีค่าผลผลิตใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 15.33-16.41% สีผงจากสารก่อโฟม methocel ปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับสีผงจากสารก่อโฟมไข่ขาวและ GMS

Table 12 Quality of butterfly pea foam and butterfly pea powder at different foaming agent

Quality	Type of foaming agent		
	methocel	egg albumin	GMS
Butterfly pea foam			
foam stability (ml)	1.70	4.35	13.34
foam density (g/ml)	0.16	0.11	0.23
foam overrun (%)	561.06	844.43	365.80
Butterfly pea powder			
color L*	43.28	40.04	39.42
a*	15.02	12.88	13.13
b*	-1.07	-1.57	-0.52
moisture content (%)	3.83	3.71	4.50
water activity	0.20	0.17	0.21
water solubility (%)	80.16	79.27	91.96
yield (%)	15.89	15.33	16.41
anthocyanin content (mg cyanidin-3-glucoside/100 g)	18.22 a	17.69 a	16.90 a

In a row, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

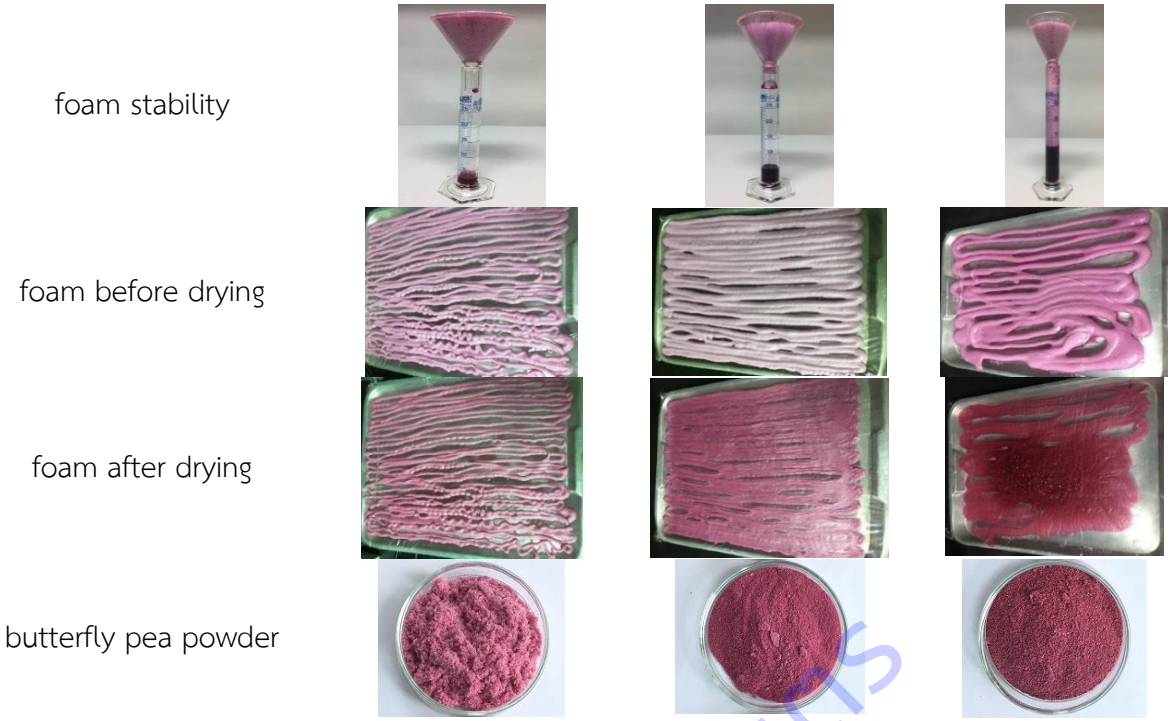


Figure 9 Appearance of butterfly pea foam and powder at different foaming agent

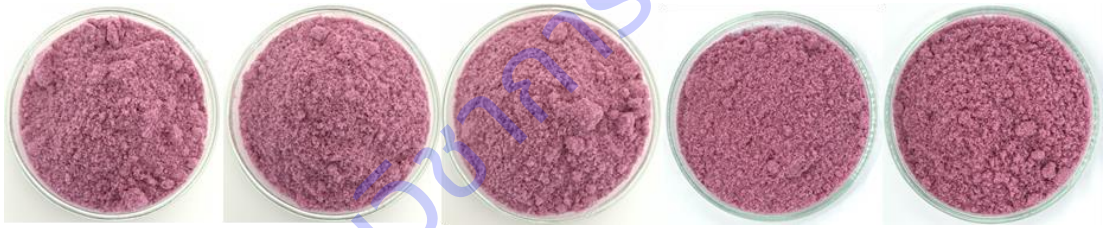


Figure 10 Appearance of butterfly pea powder was kept at ambient temperature for 4 months

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโฟมสีดอกอัญชัน

การตรวจคุณภาพของสีผงที่ทำแห้งด้วยสภาวะที่แตกต่างกัน ได้ผลดัง (Table 13) พบว่า สีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความชื้นน้อยที่สุดแต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับสีผงที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง สีผงที่ทำแห้งด้วยสภาวะทั้ง 4 สภาวะ มีค่าสีใกล้เคียงกัน ค่าสี L* (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 43.24 ถึง 44.18 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 15.36 ถึง 15.47 และค่าสี b* อยู่ในช่วง -1.54 ถึง -1.42 สีผงที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าการละลายมากที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับสีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และสีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 2 และ 3 ชั่วโมง สีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับสีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 2 และ 3 ชั่วโมง จากข้อมูลคุณภาพของสีผงจึงเลือกอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสีผงแบบโฟมแมท เนื่องจากสีผงจากการทำแห้งที่สภาวะนี้มีความชื้นต่ำกว่า 5%

กรมวิชาการเกษตร

Table 13 Quality of butterfly pea powder in different drying condition

Qualities	Drying temperature (°C)			
	60 °C 2 h	60 °C 3h	70 °C 2 h	70 °C 3h
moisture (%)	6.09 b	5.60 ab	5.16 ab	4.50 a
water activity	0.245	0.234	0.227	0.227
color value L*	43.24	43.78	44.18	44.14
a*	15.47	15.42	15.36	15.36
b*	-1.53	-1.54	-1.47	-1.42
water soluble (%)	84.16 a	80.71 a	84.53 a	85.95 a
anthocyanin content (mg cyanidin-3-glucoside/100 g)	16.18 a	16.28 a	14.40 a	14.33 a

In a row, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผงจากดอกอัญชัน

สีผงจากดอกอัญชันที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน มีลักษณะเป็นผงสีชมพู (Figure 10) การตรวจคุณภาพของสีผงระหว่างการเก็บรักษา ได้ผลดัง (Table 14) พบว่า เมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นระยะเวลา 4 เดือน สีผงไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสี โดยพิจารณาจากค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (ΔE) ถ้า ΔE มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 2.3 ถือว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (Sharma, 2003) สีผงที่อายุการเก็บรักษา 1 2 3 และ 4 เดือน มีค่า ΔE น้อยกว่า 2.3 แสดงว่ามีค่าสีไม่แตกต่างจากเริ่มต้น (0 เดือน) เมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นเวลานานขึ้น ค่าความชื้นของสีผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับความชื้นของสีผงเริ่มต้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของสีผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความชื้น สีผงที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน มีค่าการละลายลดลงแต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับสีผงเริ่มต้น ปริมาณแอนโทไซยานินของสีผงมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นระยะเวลา 2 เดือน สีผงมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงแตกต่าง ($p>0.05$) กับสีผงเริ่มต้น ปริมาณสารปนเปื้อนและคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสีผงตลอดอายุการเก็บรักษา 4 เดือน มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานสำหรับสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, ม.ป.ป.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 14 Quality of butterfly pea powder was kept at ambient temperature for 4 months

Qualities	Shelf life (month)					Reference standard*
	0	1	2	3	4	
color value L*	42.11	42.19	42.53	42.18	42.55	
a*	15.90	15.72	15.39	15.88	15.84	
b*	-1.45	-1.48	-1.66	-1.51	-2.16	
ΔE	0.00	0.20	0.69	0.10	0.84	
moisture content (%)	4.50 a	4.63 a	4.68 a	4.69 a	4.72 a	
water activity	0.239	0.240	0.245	0.263	0.268	
water solubility (%)	86.92 a	86.49 a	85.64 a	84.56 a	84.11 a	
anthocyanin content (mg cyanidin-3-glucoside/100 g)	19.37 a	18.21 ab	16.49 bc	15.09 c	14.28 c	
arsenic (mg/kg)	ND	-	-	-	-	<2.0
lead (mg/kg)	0.05	-	-	-	-	<1.0
mercury (mg/kg)	0.01	-	-	-	-	-
Salmonella spp. (per 25 g)	ND	-	ND	-	ND	ND
Clostridium perfringen (per 0.01 g)	ND	-	ND	-	ND	ND
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	-	<3.0	-	<3.0	<3.0
Staphylococcus aureus (CFU/g)	<10	-	<10	-	<10	<100

In a row, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ND = Not Detected

* Quality and standards on color extraction from plant or animal

4. การประยุกต์ใช้สีผงจากดอกอัญชันในผลิตภัณฑ์ซอร์เบต

4.1 การประยุกต์ใช้สีผงในผลิตภัณฑ์อาหาร เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซอร์เบตโดยใช้สูตรจากการผลิตน้ำอัญชันพร้อมดื่มมีส่วนผสมประกอบด้วย น้ำ 81.5% น้ำตาล 16% และสีผง 2.5% จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่า มีรสชาติเปรี้ยวนำ ควรเพิ่มรสหวาน จึงทำการปรับสูตรโดยการเพิ่มปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 17-20% (โดยน้ำหนัก) หลังจากการปรับสูตรและตรวจสอบคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่ได้มีสีชมพูอมม่วง (Figure 11) ได้ผลดัง Table 15 พบว่า เมื่อใส่น้ำตาลปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 2.63 ถึง 2.75 ค่าสีของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าสี L* อยู่ในช่วง 25.58 ถึง 26.87 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 8.61 ถึง 10.92 และ ค่าสี b* อยู่ในช่วง -5.23 ถึง -4.52 ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.47 ถึง 0.50

ศรีปทุมการเกษตร

16% 17% 18% 19% 20%

Figure 11 Appearance of butterfly pea sorbet in difference amounts of sugar (16-20%)

Table 15 Quality of butterfly pea sorbet at different amounts of sugar (16-20%)

Qualities	Amounts of Sugar (%)				
	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
total soluble solid (°B)	18.17 a	19.27 b	20.40 c	22.30 d	23.23 e
pH	2.71	2.75	2.67	2.67	2.63
color value L*	26.82	26.87	26.46	25.58	26.08
a*	10.84	9.87	10.56	10.92	8.61
b*	-5.10	-4.89	-5.02	-5.23	-4.52
anthocyanin content (mg cyanidin-3-glucoside/100 g)	0.47 a	0.50 a	0.50 a	0.49 a	0.49 a

In a row, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอร์เบต (Table 16) พบว่า ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตทั้ง 5 สูตร (ปริมาณน้ำตาล 16 17 18 19 และ 20%) มีคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่ใส่น้ำตาล 19% มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ มากที่สุดแต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่ใส่น้ำตาล 20% ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่ใส่น้ำตาล 20% มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่ใส่น้ำตาล 19% จากข้อมูลด้านคุณภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอร์เบต จึงเลือกผลิตภัณฑ์ซอร์เบตสูตรที่ใส่น้ำตาล 19% สำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

Table 16 Sensory evaluation of butterfly pea sorbet at different amounts of sugar (16-20%)

Amounts of Sugar (%)	Sensory evaluation					
	appearance	color	flavor	taste	texture	overall
16%	5.84 b	6.12 a	4.80 ab	4.36 b	4.96 c	4.72 b
17%	5.80 b	6.16 a	4.52 b	5.24 a	5.64 b	5.36 a
18%	5.84 b	6.16 a	4.88 ab	5.24 a	5.76 b	5.48 a
19%	6.20 a	6.16 a	5.04 a	5.44 a	5.92 ab	5.64 a
20%	6.04 ab	6.12 a	4.92 ab	5.40 a	6.24 a	5.84 a

In column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตระยะเวลา 4 สัปดาห์ (Figure 12) โดยเก็บที่อุณหภูมิ -20 °C ได้ผลดัง Table 17 พบว่า ค่าสีของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตไม่มีการเปลี่ยน โดยพิจารณาจากค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่อายุการเก็บรักษา 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่า ΔE น้อยกว่า 2.3 แสดงว่าสีของผลิตภัณฑ์ซอร์เบต ไม่แตกต่างกับเริ่มต้น (0 สัปดาห์) ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่อายุการเก็บรักษา 0 ถึง 4 สัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 2.63 ถึง 2.84 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 23.96 ถึง 24.61 ปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตไม่เปลี่ยนแปลงมีค่าอยู่ในช่วง 0.54 ถึง 0.55 mg cyanidin-3-glucoside/100g คุณภาพด้านจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

0 1 2 3 4

Figure 12 Appearance of butterfly pea sorbet was kept at -20 °C for 4 weeks

กรมวิชาการเกษตร

Table 17 Quality of butterfly pea sorbet was kept at -20 ℃ for 4 weeks

Qualities	Shelf life (week)					Reference standard
	0	1	2	3	4	
color value L*	25.35	24.76	25.00	24.89	25.05	
a*	5.93	6.28	6.27	6.08	5.80	
b*	-4.15	-4.08	-4.09	-4.00	-3.99	
ΔE	0.00	0.69	0.49	0.51	0.36	
pH	2.63	2.71	2.75	2.73	2.84	
total soluble solid (°B)	24.61	23.96	24.08	24.59	24.19	
anthocyanin content (mg cyanidin-3-glucoside/100 g)	0.55 a	0.55 a	0.55 a	0.54 a	0.55 a	
Total Plate Count (CFU/g)	<10	25	<10	80	65	-
Bacillus cereus (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<100**
Escherichia coli (per 0.01g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND*
Listeria monocytogenes (per 25g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND**
Staphylococcus aureus (per 0.1g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND**
Salmonella spp. (per 25g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND**

In a row, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level

ND = Not Detected

* Notification of the Ministry of Public Health (No.354) B.E.2556

** Notification of the Ministry of Public Health (No.364) B.E.2556

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่อายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ (Table 18) พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตมีคะแนนความชอบทุกด้าน ไม่แตกต่างจากเริ่มต้น โดยมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏอยู่ในช่วง 5.90-6.10 ด้านสีอยู่ในช่วง 5.90-6.20 ด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 5.00-5.30 รสชาติอยู่ในช่วง 5.75-6.00 เนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 5.80-5.95 และด้านความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.80-6.10 โดยทุกด้านมีคะแนนไม่ต่ำกว่า 5.00 ซึ่งเป็นระดับชอบเล็กน้อย

กรมวิทยาศาสตร์

Table 18 Sensory evaluation of butterfly pea sorbet was kept at -20 ℃ for 4 weeks

Shelf life (week)	Sensory evaluation					
	appearance	color	flavor	taste	texture	overall
0	6.15 a	6.20 a	5.15 a	5.80 a	5.95 a	5.80 a
1	5.90 a	5.90 a	5.00 a	5.75 a	5.90 a	5.80 a
2	6.10 a	6.00 a	5.30 a	6.00 a	5.90 a	6.00 a
3	6.05 a	6.15 a	5.20 a	5.90 a	5.80 a	6.10 a
4	6.10 a	6.00 a	5.25 a	6.00 a	5.80 a	6.10 a

In column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ซอร์เบต (Table 19) พบว่า ผลิตภัณฑ์ซอร์เบต 100 g พลังงาน 88.64 kcal ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตไม่มีไขมันและคลอเลสเตอรอล เมื่อคำนวณคุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 หน่วยบริโภค 80 g จะได้รับพลังงานทั้งหมด 70 kcal

Table 19 Nutrition information of butterfly pea sorbet per 100 g sample

Items	Unit	Result
Total Energy	kcal/100g	88.64
Energy from fat	kcal/100g	0.00
Total Fat	g/100g	0.00
Total saturated fatty acid	g/100g	Not Detected
Cholesterol	mg/100g	Not Detected
Protein (N x 6.25)	g/100g	0.27
Total Carbohydrate	g/100g	21.71
Total Dietary Fiber	g/100g	0.18
Moisture	g/100g	77.78
Ash	g/100g	0.06
Total sugar	g/100g	20.0
Sodium	mg/100g	6.41
Calcium	mg/100g	6.47
Iron	mg/100g	0.24
Total Vitamin A	ug/100g	Not Detected
Vitamin B1	mg/100g	Not Detected
Vitamin B2	mg/100g	<0.04

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย

1. การผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนในรูปแบบกรานูลฟองฟู่ พบว่าการผสมกรดอินทรีย์และโซเดียมไบคาร์บอเนตจะทำให้เกิดปฏิกิริยาคาบอนเนชันเมื่อเจอน้ำโดยจะก่อให้เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นสภาวะแบบฟองฟู่และจะค่อยๆ ลดลงจนเหลือเป็นสารละลายไม่มีตะกอนหรือมีตะกอนเล็กน้อย ซึ่งอัตราส่วนกรดอินทรีย์กับโซเดียมไบคาร์บอเนตสำหรับเป็นส่วนผสมพื้นฐานสำหรับก่อสภาวะฟองฟู่ (effervercent base) ที่ 1.03:0.77 ที่มีอัตราส่วนกรดซิตริก:กรดทาร์ทาริก (C:T) เท่ากับ 1:0 และ 2:1 เป็นสภาวะเริ่มต้นที่เหมาะสม ผลการเติมเอนไซม์บรอมิเลนผงที่เหมาะสมคือ 0.2 g เนื่องจากเป็นปริมาณมากพอที่เติมลงไปในสูตรได้และสามารถละลายหมดเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา การศึกษาปริมาณ effervercent based พบว่าที่ 70% โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (3 g) มีอัตราส่วน ของ C:T 1:0 จะประกอบด้วยกรดซิตริก 1.20 g และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.90 g และสูตรที่มีอัตราส่วน ของ C:T 2:1 จะประกอบด้วยกรดซิตริก กรดทาร์ทาริค และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.80 0.4 และ 0.9 g ตามลำดับ เป็นปริมาณที่เหมาะสม โดยก่อให้เกิดสภาวะฟองฟู่ที่รุนแรงและสิ้นสุดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วซึ่งช่วยให้สารต่างๆ ละลายได้ดี ในการศึกษาทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคเบื้องต้นใช้ซูคลาโรสร่วมกับไซลิทอลเป็นสารให้ความหวานและสารให้กลิ่นสับปะรดเพื่อทำให้เครื่องดื่มมีรสชาติที่ดีขึ้น จะได้สูตรที่เหมาะสมที่มีคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคโดดเด่น เป็น 3.41 g ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ประกอบด้วยกรดซิตริก (0.80 g) กรดทาร์ทาริก (0.40 g) โซเดียมไบคาร์บอเนต (0.90 g) เอนไซม์บรอมิเลนผง (0.20 g) พีวีพี (0.15 g) สารลดการก่อโฟม (0.036 g) ซูคลาโรส (0.007 g) ไซลิทอล (0.800 g) และสารให้กลิ่นสับปะรด (0.120 g) สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กรานูลด้วยวิธีการทำกรานูลแห้งโดยการอัดผงผสมให้เป็นแผ่นแข็ง และบดให้ได้ผลิตภัณฑ์กรานูลที่มีสมบัติการไหลของผงยาในระดับดี (Compressibility Index 11.14±1.40) และยังคงค่ากิจกรรมเอนไซม์บรอมิเลนไว้ได้ 87.9% โดยผลิตภัณฑ์นี้สามารถละลายในน้ำ 100 mL ได้ดี เกิดสภาวะฟองฟู่และสิ้นสุดได้รวดเร็วในเวลา 94 sec และ ให้รสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีกลิ่นสับปะรด

2. การสกัดสารแคปไซซินจากพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอตด้วยเอทานอล 95% ที่อัตราส่วน 1:5 จะได้สารสกัดแคปไซซินที่มีปริมาณผลผลิต 13.85 % มีปริมาณสารแคปไซซิน 2,213.54 mg/g สารฟีนอลิกทั้งหมด 1,964.56 (mg gallic acid/g) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH %) SC_{50} เท่ากับ 41.29 เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน โดยเติมสารสกัดแคปไซซินปริมาณ 1.5 % พบว่าผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินมีปริมาณสารแคปไซซิน 0.0123 (% ต่อน้ำหนักตัวอย่าง) สารฟีนอลิกทั้งหมด 2.83 (mg gallic acid/g) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH %) SC50 เท่ากับ 0.11±4.34 mg/ml คิดเป็น 0.001 เท่าของวิตามินซี การทดสอบความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังมนุษย์ พบว่าผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซิน ความเข้มข้น 0.001-1 mg/ml ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ ในขณะที่ความเข้มข้น 10 mg/ml เป็นพิษต่อเซลล์ การทดสอบการก่อการระคายเคืองของผลิตภัณฑ์เจลนวดแคปไซซินพบว่าเจลนวดแคปไซซินไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังในอาสาสมัครส่วนใหญ่

3. การผลิตสีผงจากดอกอัญชันโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท มีขั้นตอนการผลิตคือ ทำการสกัดดอกอัญชันแห้งด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.15 M อัตราส่วนดอกอัญชันแห้งต่อสารละลายกรดซิตริกเป็น

1:50 (w/v) ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 30 นาที นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกเพื่อให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8 °B ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 20% โดยน้ำหนัก จากนั้นเติมสารก่อโฟมปริมาณ 2.5% ตีให้เกิดโฟมเป็นเวลา 15 นาที ใส่ถุงบีบให้เป็นเส้นขนาดกว้าง 0.5-0.7 cm ยาว 34-36 cm ลงบนถาด นำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้สีผงเป็นสีชมพูและมีรสเปรี้ยว การเก็บรักษาสีผงระยะเวลา 4 เดือน มีคุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การประยุกต์ใช้สีผงในผลิตภัณฑ์ซอร์เบตมีสูตรที่เหมาะสมคือ น้ำ 78.5% น้ำตาล 19% และสีผง 2.5% ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานิน 19.37 mg cyanindin-3-glucoside/100 g และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซอร์เบตที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ซอร์เบตมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเวชสำอางอื่นๆ ได้ อาทิเช่น

1. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลน สามารถนำวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มช่วยย่อยจากเอนไซม์บรอมิเลนไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดต่างๆ ได้

2. สารสกัดแคปไซซินจากพริกสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เวชสำอางชนิดอื่นๆ เช่น ครีมนวดผิวบรรเทาปวด ยาหม่องแคปไซซินสำหรับบรรเทาปวด เป็นต้น

3. การผลิตสีผงจากดอกอัญชัญสามารถนำเทคโนโลยีการผลิตไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สีผงจากพืชชนิดอื่นได้

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 197) พ.ศ. 2543. เรื่องกาแฟ.

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 350) พ.ศ. 2556. เรื่องนมโค. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130, ตอนพิเศษ 87 ง (ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2556).

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) พ.ศ. 2556. เรื่องไอศกรีม. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130, ตอนพิเศษ 87 ง (ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2556).

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ. 2556. เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130, ตอนพิเศษ 148 ง (ลงวันที่ 31 ตุลาคม 2556).

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536. กระบวนการแปรรูปอาหาร. สาขาวิชาอุตสาหกรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

คุ้มเกล้า ตุลาดิลก และพนิดา รัตนปิติกรณ์. 2551. น้ำกระเทียมดองชนิดผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 36 ฉบับที่ 3(พิเศษ): 515-518.

จิตตะวัน กุโบลา และคณะ. 2561. การผลิตเนื้อลูกตาลสุกผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมทและการประยุกต์ใช้ในขนม ไทย. วารสารการเกษตรราชภัฏ. 17(1): 17-26.

กรมวิชาการเกษตร

ชุติมา อนุเทศ, วิไล สนธิเพิ่มพูน, ธีรพร กงบังเกิด และ พันธ์ณรงค์ จันทร์แสงศรี. 2553. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ด้วยการทำแห้งแบบโฟม-แมท. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 20 ฉบับที่ 3: 254-533.

เชาวลิต มณฑล กฤษณา ไกรสินธุ์ จิระพรชัย สุขเสรี และลักษณา เจริญใจ. 2557. การศึกษาสมบัติการไหลของยาสมุนไพรเพื่อการเตรียมยาในรูปแบบของแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 22 ฉบับที่ 5 (ฉบับพิเศษ).

ไชยภร เก็บเงิน, ลลิตา ศิริวัฒนานนท์ และ อินทิรา ลิจันทร์พร. 2562. ผลของสารก่อโฟมต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำชาวข้าวไรซ์เบอรี่ชงพร้อมดื่มสำเร็จรูป, น. 673-682. *ใน* การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20.

ทัศนา พิทักษ์สุธีพงศ์. 2564. การทดสอบหาค่า Bulk density และ Tapped density ของแกรนูล. สืบค้นจาก: https://www.youtube.com/watch?v=Iw1xoPiQivQ [ธันวาคม 2564].

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 418) พ.ศ. 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒ เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ เงื่อนไข วิธีการใช้ และอัตราส่วนของวัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่ 2).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป.ก ดอกอัญชัน. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2975/butterfly-pea [11 กรกฎาคม 2562].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป.ข ไอศกรีม. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1139/ice-cream [14 มกราคม 2565].

วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, สุปรียา ศุขเกษม, วิไลศรี ลิมปพยอม, อกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์ และ ประยูร เอ็นมาก. 2558. การประเมินสารประกอบฟินอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกระบวนการผลิตอาหารเสริมสุขภาพจากข้าวโพดฝักสด, น. 577-593. *ใน* รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

สมจิต สุรพัฒน์. 2540. ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ม.ป.ป. ข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานสำหรับสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์. สืบค้นจาก: http://www.fda.moph.go.th/sites/food/FoodAdditives/Extract-from-the-Plant-or-Animal.pdf [11 มกราคม 2562].

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศฮ่องกง. ม.ป.ป. รายงานการตลาด: โอกาสของสินค้าสมุนไพรในฮ่องกง. สืบค้นจาก: https://www.ditp.go.th/contents_attach/160350/160350.pdf [11 พฤศจิกายน 2562].

Ackermann, D. & Stedman, Matthew & Ko, Samuel & Prokop, Ales & Park, Don-Hee & Tanner, Robert. 2003. Effect of invertase on the batch foam Fractionation of bromelain. Biotechnology and Bioprocess Engineering. 8. 167-172.

Aslani A and Jahangiri H. 2013. Formulation, characterization and physicochemical evaluation of ranitidine effervescent tablets. Adv Pharm Bull. 3(2):315-22.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Balakrishnan, V., Hareendran, A. and Nair C. 1981. Double-blind cross-over trial of an enzyme preparation in pancreatic steatorrhoea J. Assoc. Phys. 29:207-209.

Cisneros- Pineda O., Torres- Tapia L.W., Gutie´rrez- Pacheco L.C., Contreras- Martin F., Gonzalez-Estrada T., Peraza-Sa´nchez S.R. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. Food Chemistry 104: 1755–1760.

Ghita M. A., Caruntu C., Rosca A.E., Caruntu A., Moraru L., Constantin C., Neagu M., Boda D. 2017. Real-Time Investigation of Skin Blood Flow Changes Induced by Topical Capsaicin. Acta Dermatovenerol Croat 2017; 25(3) :223-227.

Giyatmi and Lingga, D. 2019. The effect of citric acid and sodium bicarbonate concentration on the quality of effervescent of red ginger extract. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 383. 012022. 10.1088.

Gothoskar, A. & Kshirsagar, Sanjay. 2004. A Review of Patents On Effervescent Granules. Pharmaceutical Reviews.

Gudeva L. K., Mitrev S., Maksimova V., Spasov D. 2013. Content of capsaicin extracted from hot pepper (Capsicum annuum ssp. microcarpum L.) and its use as an ecopesticide. Hem. ind. 67 (4): 671–675

Hale, L.P. 2004. Proteolytic activity and immunogenicity of oral bromelain within the gastrointestinal tract of mice. Int Immunopharmacol. 4(2):255-64.

Hikisz P. and Bernasinska-Slomczewska J. 2021. Beneficial Properties of Bromelain. Nutrients. 13(12):4313.

Jassim, Z.A., Rajab, N.A. and & Mohammed, N.H. 2018. Study the effect of wet granulation and fusion methods on preparation, characterization, and release of lornoxicam sachet effervescent granules. Drug Invention Today (10)9:1612.

Morgan Jr, A. I., R. P. Graham, L. F. Ginnette and G. S. Williams. 1961. Recent developments in foam-mat drying. Food Technology. 15(4): 37-39.

Murachi, T. and H. Neurath. 1960. Fraction and specify studied on stem bromelain. J. Biol Chem. 235: 99-107.

Naji-Tabasi, S., Emadzadeh, B., Shahidi-Noghabi, M., Abbaspour, M., and Akbari, E. 2021. Physico-chemical and antioxidant properties of barberry juice powder and its effervescent tablets. Chemical and biological technologies in agriculture. 8(23).

Rakte, A.S., and Nanjwade, B.K. 2014. DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF NOVEL ENZYMES. WORLD JOURNAL OF PHARMACY AND PHARMACEUTICAL SCIENCES. 3(8):1600-1620.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Ratti, C. 2009. Advances in Food Dehydration. CRC Press, New York.

Reyes- Escogido M. L., Gonzalez- Mondragon E. G., Vazquez- Tzompantzi E. 2011. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. Molecules 16: 1253-1270.

Sharma, G. 2003. Digital color imaging. CRC Press, New York.

Sharma, P. and H.S. Gujral. 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. Food Research International. 44: 235-240.

Surini, S., Wardani, M. R. W., & Sagita, E. 2017. EVALUATING OF EFFERVESCENT TABLETS CONTAINING GRAPE SEED (VITIS VINIFERA L.) EXTRACT AS A NUTRACEUTICAL. International Journal of Applied Pharmaceutics. 9:150–153.

Tan, S.L. and R. Sulaiman. 2019. Color and rehydration characteristics of natural red colorant of foam mat dried Hibiscus sabdariffa L. powder. International Journal of Fruit Science. [online: https://www.tandfonline.com /loi/wsfr20.]

Taussig, S.J., Yokoyama, M.M. and Chinen A. 1975. Bromelain: a proteolytic enzyme and its clinical application: a review. Hiroshima Journal of Medical Sciences. 24(2-3):185–193.

Thayne A. Munce and W. Larry Kenney. 2003. Age-Specific Skin Blood Flow Responses to Acute Capsaicin. Journal of Gerontology: BIOLOGICAL SCIENCES. Vol. 58A, No. 4, 304–310.

Zimmer, A. R., Leonardi Bianca., Mirona D., Schapovala E., Oliveirac J. R., Gosmanna G. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory properties of Capsicum baccatum: From traditional use to scientific approach. Journal of Ethnopharmacology 139: 228–233.

กรมวิทยาศาสตร์