

แบบเสนอข้อเสนอโครงการวิจัยฉบับเต็ม (ABC)

## แบบเสนอข้อโครงการวิจัย (Research Project)

ประกอบการเสนอของบประมาณปี พ.ศ. 2562

-----  
ประเภททุน : โครงการวิจัยทำหยาไทยและโครงการวิจัยตอบสนองนโยบายเป้าหมายรัฐบาลตามระเบียบวาระ  
แห่งชาติ ปี 2561

กลุ่มเรื่องนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาพื้นที่

ชื่อแผนงานวิจัยหลัก : การบูรณาการการพัฒนาปัจจัยการผลิต การสร้างมูลค่าเพิ่มและการบริหารจัดการ  
จัดการการตลาดเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดจังหวัด  
ราชบุรี

: The intergration of the Production Factors Development, product Value Addition and Marketing Management to Enhance the quality of Life of Pineapple Agriculturists in Ratchaburi

ชื่อชุดโครงการวิจัย : ชุดโครงการพัฒนาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์แปรรูปสับปะรดจังหวัดราชบุรี

ชื่อโครงการวิจัยย่อย : การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเอนไซม์สับปะรดพร้อมใช้ประสิทธิภาพสูงด้วย  
เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง

ความสอดคล้อง : กรอบการวิจัยที่ 2 : การสร้างมูลค่าเพิ่มสับปะรด

เป้าหมายที่ 2.1 : การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสับปะรดโดยเกษตรกรมีส่วนร่วมทั้งหมด  
สามารถผลิตและนำออกจำหน่ายได้จริงในท้องตลาด

### รายชื่อคณะนักวิจัย

1. หัวหน้าโครงการ : นาย ครองศักดิ์ ภัคชนกน

Mr. Kongsakda Phakthanakanok

คุณวุฒิ / ระดับการศึกษา : ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวเคมี)

ที่อยู่ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง 46 หมู่ 3

ต.จอมบึง อ.จอมบึง จ.ราชบุรี 70150

Email : kongsakda@gmail.com โทร 0867989019

2. ผู้ร่วมวิจัย :

## ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเอนไซม์สับปะรดพร้อมใช้ประสิทธิภาพสูงด้วยเทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง

## ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ)

Product Development for the Production of Ready to Use Potent Enzyme Derived from Pineapple by Using Freeze Dry Technology

ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายครองศักดิ์ ภัคธนนก

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

หน่วยงานร่วมโครงการ :

ระยะเวลาดำเนินการ : 1 ปี

งบประมาณที่เสนอขอ : 400,000 บาท

### 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การแปรรูปสับปะรดผลสดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร เพื่อแก้ปัญหาผลสดล้นตลาดรวมไปถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าทดแทนการนำไปทิ้งให้สูญเปล่า ส่วนที่สามารถนำไปแปรรูปเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารของมนุษย์ได้แก่ เนื้อ น้ำ และแกน ในขณะที่ส่วนที่สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ก็คือทุกส่วนซึ่งรวมไปถึง กาก และ เปลือกอีกด้วย การที่สามารถนำส่วนต่างๆของสับปะรดไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่บริโภคได้เนื่องจากในผลสับปะรดมีองค์ประกอบทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์

ในสับปะรดมี “เอนไซม์” ประกอบอยู่หลายชนิด ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า โบรมิเลน (Bromelain) และ อนาเนน (Ananain) เป็นเอนไซม์ที่พบมากที่สุด และพบในทุกๆส่วนของสับปะรด แม้กระทั่งลำต้นและเหง้า เอนไซม์โบรมิเลนและอนาเนนเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอส ชนิดซีสเทออินโปรติเอส ซึ่งเอนไซม์กลุ่มนี้มีหน้าที่ในการย่อยสลายชีวโมเลกุลประเภทโปรตีนให้กลายเป็นเพปไทด์หรือกรดอะมิโน มีการประยุกต์ใช้เอนไซม์สับปะรดและโบรมิเลนในอุตสาหกรรมมาเป็นเวลานานกว่า 30 ปีแล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เครื่องสำอาง และยา

ในการแปรรูปสับปะรดผลสดของกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดราชบุรี ส่วนน้ำและเนื้อซึ่งคิดเป็น 20% จะถูกนำไปผลิตเป็นสับปะรดกวนและเครื่องดื่ม ส่วนกาก ต้น เหง้าและเปลือกซึ่งมีเหลือมากถึง 80% ที่ปัจจุบันไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อะไร จะถูกนำมาใช้เพิ่มมูลค่าในการวิจัยนี้ โดยจะทำการนำไปสกัดเอาเอนไซม์จากสับปะรดออกมาและนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดสำหรับ SME

การเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตร เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์ที่สำคัญของจังหวัดราชบุรี และเกษตรกรต่างก็ให้ความสำคัญและให้ความสนใจเกี่ยวกับการขับเคลื่อนนโยบายนี้ ยุทธศาสตร์นี้ได้ถูกจับตามองเป็นอย่างยิ่งว่าภาคราชการนั้นจะดำเนินการและจะให้เกษตรกรเข้ามามีส่วนร่วมได้อย่างไร ในขณะที่ปัจจุบันนี้สับปะรดยังคงเป็นผลผลิตของสินค้าเกษตรที่นับว่าเป็น “จุดแข็ง” ของจังหวัดราชบุรีอยู่อย่างต่อเนื่อง นั่นคือมีปริมาณมากและมีคุณภาพที่ดี ดังนั้นจึงถือเป็นช่วงเวลาที่ทำหลายอย่างมากที่จะทำการบริหารจัดการผลผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุดและตอบรับกับนโยบายในการพัฒนาจังหวัดราชบุรี โดยการหยิบ “โอกาส” มาพัฒนาเพื่อ “เสริม” จุดแข็ง โดยทำการนำสับปะรดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรม หรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง มีลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากฐานของวิชาการ และเป้าหมายที่หลายฝ่ายต่างเห็นพ้องกันนั่นก็คือการผลิตเอนไซม์จากสับปะรดและผลิตภัณฑ์ต่อยอด ซึ่งผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดที่จะผลิตออกมาได้ และจะสามารถต่อยอดไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นที่มุ่งเป้าได้อีกอย่างน้อย 1 รายการ ทั้งยังสามารถจัดจำหน่ายให้มีรายได้เป็นรูปธรรม และผลักดันให้ผลิตภัณฑ์จากเอนไซม์สับปะรดกลายเป็น Flagship Project ของพื้นที่ได้ ก็จะสามารถนำไปต่อยอดชีวิตของจังหวัดในยุทธศาสตร์ต่างๆพร้อมกันได้หลายประการ ก่อให้เกิดผลประโยชน์ร่วมกันต่อทุกภาคีที่เกี่ยวข้อง

แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตเอนไซม์สับปะรดกลับไม่ใช่เรื่องง่าย และแน่นอนว่าเมื่อการผลิตเอนไซม์ในขั้นตอนแรกไม่ใช่เรื่องง่าย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากเอนไซม์สับปะรดจึงมีความยากขึ้นไปอีก ชั้นหนึ่งสาเหตุที่สำคัญบางประการได้แก่ 1) เอนไซม์เป็นชีวโมเลกุลที่บอบบาง มีเงื่อนไขทางเคมีและทางกายภาพในเวลานำมาใช้งานที่ซับซ้อนและยากต่อการควบคุมให้ฤทธิ์ของมันถูกแสดงออกมาอย่างเต็มที่และมีเสถียรภาพ อาทิเช่นเงื่อนไขที่เอนไซม์จะไม่ทนร้อน และไม่ทนกรด เป็นต้น 2) การผลิตเอนไซม์จำเป็นต้องใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี อาทิเช่นการนำเทคโนโลยีการแปรรูปแบบแห้งเยือกแข็ง (freeze dry) มาใช้แทนการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) เพื่อป้องกันการเสียสภาพโปรตีน เป็นต้น 3) การผลิตเอนไซม์ต้องใช้องค์ความรู้เฉพาะด้านทางเอนไซม์วิทยาของบุคลากรผู้ปฏิบัติงานในการผลิต เพื่อที่จะสามารถควบคุมทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตให้ดำเนินไปได้โดยที่เอนไซม์ไม่เสียสภาพไปอย่างสิ้นเชิงหรือเสียสภาพไปเพียงเล็กน้อย และด้วยสาเหตุดังที่ได้กล่าวมานี้เอง การผลิตและพัฒนาเอนไซม์สับปะรดและผลิตภัณฑ์ต่อยอดจึงไม่สามารถดำเนินการได้โดยกลุ่มเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจ SME ได้โดยลำพัง

ดังนั้น มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงในฐานะที่ได้รับมอบหมายให้มีสถานะเป็นหน่วยงานวิจัยและพัฒนา (R&D) ของจังหวัดราชบุรี จึงต้องเข้ามาส่งเสริมและสนับสนุน โดยเป็นหน่วยงานหลักริเริ่มการวิจัยและพัฒนาโครงการนี้ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญก็คือ เพื่อพัฒนาระบบวิธีการผลิตเอนไซม์จากสับปะรดให้สามารถผลิตออกมาแล้วมีฤทธิ์หรือกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพสูง พร้อมนำไปใช้งานได้ในด้านต่างๆ รวมไปถึงจะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอด ให้มีคุณลักษณะตอบสนองกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งในการวิจัยและพัฒนาในโครงการนี้ จะดำเนินการภายใต้ความร่วมมือแบบพหุภาคี หรือการร่วมมือกันหลายภาคส่วนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายเดียวกันนั่นเอง นับว่าการดำเนินโครงการนี้ นอกเหนือไปจากการพัฒนานวัตกรรมของผลผลิตทางการเกษตรแล้วยังถือได้ว่า เป็นการพัฒนานวัตกรรมทางการวิจัยและพัฒนาเชิงพื้นที่ในอีกรูปแบบหนึ่ง

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตเอนไซม์สับปะรดที่เหมาะสมด้วยเทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดต่อยอดสำหรับเป็นสินค้า SME

## 3. คำถามการวิจัย

เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dry) เป็นเทคนิคการผลิตเอนไซม์สับปะรดที่มีความเหมาะสมที่สุดแล้วในเวลานี้

คำถามก็คือหากจะทำการผลิตเชิงพาณิชย์จริง ขั้นตอนการผลิต (กรรมวิธี) ที่เหมาะสมต่อบริบทของพื้นที่จะต้องทำอย่างไร

โดยเอนไซม์สับปะรดที่ผลิตได้ในเชิงพาณิชย์นี้มีเงื่อนไขคือ

- 1) จะต้องพร้อมใช้และมีความโดดเด่น
- 2) จะต้องมีประสิทธิภาพสูงอย่างน้อยเทียบเท่าหรือสูงกว่าที่มีในท้องตลาด และ
- 3) เมื่อผลิตเอนไซม์สับปะรดออกมาได้แล้ว ในเวลาต่อมาผลิตภัณฑ์ต่อยอดควรมีคุณลักษณะอย่างไร

จึงจะมีมูลค่าสูงอย่างแท้จริงรวมถึงต้องตอบสนองกลุ่มเป้าหมาย

## 4. แนวคิดและเป้าหมาย

**4.1 แนวคิด :** ก่อนหน้าการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นโครงการและเป็นผลงานวิจัยจากมหาวิทยาลัย จะไม่มีความเกี่ยวข้องกับหน่วยงานหรือภาคใดๆ ในเวลาต่อมาการวิจัยและพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อพื้นที่ ทำให้ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง และผู้ที่ได้ผลประโยชน์คือมหาวิทยาลัยและกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งก็คือกลุ่มเกษตรกรเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันแม้ว่าการวิจัยของมหาวิทยาลัย จะสามารถตอบสนองความต้องการหรือช่วยแก้ปัญหาของเกษตรกรได้แล้ว แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นกลับยังไม่สามารถส่งผลไปถึงกลไกระดับจังหวัดได้ การเปลี่ยนแปลง (change) ที่เกิดขึ้น จึงเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มเกษตรกรเพียงหยิบมือ และเมื่อเวลาผ่านไปสักระยะหนึ่งหรือเมื่อนักวิจัยได้ถอนตัวออกมา การเปลี่ยนแปลงที่เคยเกิดขึ้นนั้นก็พลันหมุนกลับไปเป็นบริบทเดิมก่อนหน้าที่จะมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ไม่สามารถก้าวข้ามไปสู่สถานะของความยั่งยืนได้ นักวิจัยได้วิเคราะห์ในรายละเอียดของกลไกการขับเคลื่อนจึงได้เข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่าสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากภาคอื่นๆ นอกเหนือไปจากมหาวิทยาลัยและเกษตรกรไม่ได้ถูกขับเคลื่อนไปด้วยกัน โดยเฉพาะภาคราชการนั้นสำคัญที่สุด ซึ่งภาคราชการจะมีความใกล้ชิดเกษตรกร มีงบประมาณเพื่อนำมาใช้พัฒนาพื้นที่ และนโยบายของภาคราชการมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของเกษตรกรมากที่สุด

การวิจัยในโครงการวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดอย่างหนึ่งว่า จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด ละผลิตภัณฑ์ต่อยอด โดยในกระบวนการวิจัยนั้น จะจัดทำรูปแบบการทำงานวิจัยแบบ “พหุภาคี” หมายความว่ามหาวิทยาลัยจะเป็นศูนย์กลางในกระบวนการวิจัย โดยมหาวิทยาลัยเป็นผู้ริเริ่มโครงการ มีงบประมาณในการวิจัย มีเทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dry) มีอุปกรณ์ทางเอนไซม์วิทยาศาสตร์สนับสนุนการวิจัย และมีนักวิจัยผู้เชี่ยวชาญ ในกระบวนการวิจัยจะให้ภาคีอื่นๆที่วิเคราะห์แล้วว่า เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้ใช้ประโยชน์จากโครงการวิจัย เข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจบางขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดรายละเอียดหรือพัฒนาโจทย์ของผลิตภัณฑ์ต่อยอด การร่วมสังเกตการณ์ในการทดลอง การร่วมพิจารณาการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการทำงานในระหว่างการทำงานวิจัย การให้ความร่วมมือและสนับสนุนในการเอาผลผลิตไปใช้ประโยชน์ การจัด Road Show การจัดนิทรรศการของจังหวัด และการสนับสนุนวัสดุบิวิจัยหรือแรงงานในกระบวนการวิจัย และการสื่อสารมวลชน เป็นต้น ซึ่งรูปแบบการทำงานวิจัยแบบนี้จะมีผู้ที่ได้ประโยชน์หลายฝ่ายก็คือ นักวิจัย มหาวิทยาลัย วงการวิชาการ ผู้ให้ทุน และพหุภาคีทุกฝ่าย มีลักษณะการได้ประโยชน์ทางวิชาการร่วมกัน เกิดความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากร และทำให้เกิดผลกระทบในระดับจังหวัด ทั้งเชิงวิชาการ เศรษฐกิจ สังคม เศรษฐกิจ และเชิงนโยบาย

Rombach and Achatz (2007) ได้อธิบายไว้เกี่ยวกับการนำสิ่งที่ผ่านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในมหาวิทยาลัยออกมาทำให้เกิดเป็นรูปธรรมเชิงพาณิชย์ (industry-academia collaboration management) คือมีอยู่ด้วยกัน 10 ประการที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งกระบวนการหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้คือ ให้อิทธิพลที่ผู้มีส่วนได้เสียในทุกขั้นตอนของกระบวนการ R&D และรวมถึงผู้ใช้ประโยชน์ในอนาคต โดยให้ทั้งสองส่วนนี้เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยตั้งแต่เริ่มแรก ซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจลงทุนในช่วงปลายน้ำของกระบวนการ R&D ทำได้อย่างรวดเร็ว

#### 4.2 เป้าหมายและรูปธรรมของสิ่งที่ต้องการขับเคลื่อนให้เห็นภายใน 12 เดือน

เดือนที่ 1-2 : ได้ Feasibility Study ของผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด

เดือนที่ 3-6 : ความร่วมมือ (MOU) ระหว่างมหาวิทยาลัยและพหุภาคี และได้กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์สับปะรด

เดือนที่ 7-9 : ได้ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด และแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอด

เดือนที่ 10-12 : ผลิตภัณฑ์ต่อยอดที่เป็นสินค้า SME

เดือนที่ 12+ : ผลักดันให้ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดและผลิตภัณฑ์ต่อยอดเป็น Flagship Project หรือ Product Champion ของจังหวัดราชบุรี

## 5. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 5.1 เอนไซม์สับปะรดและผลิตภัณฑ์

เอนไซม์สับปะรด หมายถึง สารชีวโมเลกุลประเภทเอนไซม์ที่มีอยู่ในสับปะรด ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ทราบว่ามีเอนไซม์ในทุกๆส่วนของสับปะรด ทั้งลำต้น เหง้า แกน ผล และเปลือก ซึ่งเอนไซม์สับปะรดที่สามารถสกัดออกมาได้และมีการศึกษาวิจัย ได้รายงานเอาไว้ว่าสามารถจัดจำแนกให้อยู่ในกลุ่ม ไกโคไซด์ไฮโดรเลส และโปรติเอส โดยกลุ่มไกโคไซด์ไฮโดรเลสที่พบได้แก่เอนไซม์อะไมเลส ส่วนกลุ่มโปรติเอสที่พบได้แก่เอนไซม์ อนานา-เนน (ananain) โบรมิเลน (bromelain) ซึ่งแบ่งเป็นชนิดย่อยอีก 2 ชนิดได้แก่ stem bromelain และ fruit bromelain

เอนไซม์โบรมิเลน เป็นเอนไซม์เป้าหมายที่นักวิทยาศาสตร์นิยมสกัดออกมาจากสับปะรด เพื่อศึกษาคุณลักษณะเฉพาะมากเป็นพิเศษ เนื่องจากสกัดออกมาได้ในปริมาณมาก และสามารถตรวจสอบคุณภาพและควบคุมสภาวะในการใช้งานได้ง่ายกว่าเอนไซม์ชนิดอื่นซึ่งพบในปริมาณน้อยและจำแนกคุณลักษณะยากกว่าโบรมิเลน อย่างไรก็ตามเอนไซม์โบรมิเลนจำเป็นต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมเช่นกัน เพื่อที่จะได้มีกิจกรรมที่มากเพียงพอและมีเสถียรภาพในการนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์โบรมิเลนได้แก่ pH ช่วงประมาณ 6.5-7.0 และช่วงอุณหภูมิประมาณ 40-60 °C

เอนไซม์สับปะรดที่มีประสิทธิภาพสูง หมายถึงเอนไซม์ที่สกัดออกมาได้แล้วมีการเสริมขั้นตอน หรือเติมสารบางอย่าง หรือดัดแปลงกรรมวิธีบางอย่างเพื่อให้เอนไซม์มีเสถียรภาพดีกว่าปกติ เสื่อมสภาพช้าและมีกิจกรรมสูง

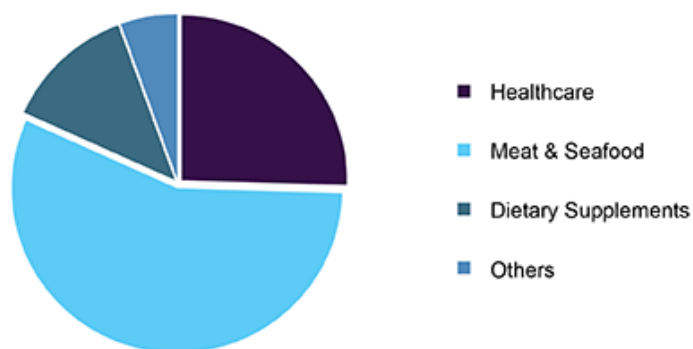
ผลิตภัณฑ์เกษตรมูลค่าสูง หมายถึงผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีคุณค่า มีความสำคัญบางประการที่ตอบสนองเป้าหมายบางอย่างของผู้บริโภค ซึ่งอาจต้องหาหรือผลิตด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง และใช้กระบวนการที่ซับซ้อนกว่าการเกษตรกรรมทั่วไปจึงจะได้มา โดยสามารถตั้งราคาขายได้สูงมากกว่าราคาผลิตภัณฑ์เกษตรทั่วไป

พหุภาคี หมายถึงหน่วยงาน หรือองค์กร หรือกลุ่ม ต่างๆที่เข้ามาร่วมกันดำเนินภารกิจ โดยอาจไม่ใช่กลุ่มที่มีความเหมือนกัน อาทิเช่นองค์กรด้านการศึกษา องค์กรด้านการทหาร และองค์กรด้านศิลปวัฒนธรรม ที่เข้ามาร่วมมือกันทำกิจกรรมหรือภารกิจที่มีเป้าหมายร่วมกัน เป็นต้น

### 5.2 สถานการณ์ผลิตภัณฑ์และส่วนแบ่งการตลาด

การผลิตเอนไซม์จากสับปะรด โดยทั่วไปจะกล่าวถึงเอนไซม์โบรมิเลน มีการผลิตเชิงอุตสาหกรรมในต่างประเทศ ได้แก่ อเมริกา จีน อินเดีย และไทย โดยในการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนนั้นมี 2 รูปแบบ คือ เป็นเอนไซม์โบรมิเลนชนิดผง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อยอดจากเอนไซม์โบรมิเลน (พัฒนาจากตัวเอนไซม์หรือใช้

เอนไซม์เป็นส่วนผสม) ข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางการตลาดในระดับนานาชาติอ้างว่า มูลค่าเอนไซม์ในตลาดโลกมีค่ามากกว่า 9 ร้อยล้านบาท โดยมีการใช้เอนไซม์โบรมิเลนในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์มากที่สุด ถึง 65% รองลงมาได้แก่อุตสาหกรรมด้านสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และอุตสาหกรรมอื่นๆเช่นสิ่งทอ และเครื่องหนัง การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ ใช้มากในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อโค สุกร ไก่ และหมักตามลำดับ ปัจจุบันวัตถุดิบที่นำมาผลิตเอนไซม์โบรมิเลนได้แก่ ผลสับปะรด ต้นสับปะรด และเหง้าสับปะรด ได้มาจาก อเมริกา มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย จีน และฟิลิปปินส์ ตามลำดับ เอนไซม์โบรมิเลนที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีค่ากิจกรรมอยู่ที่ประมาณ 3-6 พัน GDU ต่อกรัม



**ภาพที่ 1** ส่วนแบ่งทางการตลาดแบ่งตามประเภทของสินค้าที่นำเอนไซม์โบรมิเลนไปประยุกต์ใช้  
ที่มา : Bromelain Market Analysis By Application (Healthcare, Meat & Seafood, Dietary Supplements), By Region (North America, Europe, Asia Pacific, CSA, MEA), And Segment Forecasts, 2018 – 2025

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bromelain-market/request>

เป็นข้อมูลที่น่าสนใจมากเป็นพิเศษเมื่อพบว่าวัตถุดิบสับปะรดส่วนหนึ่งจำนวนมากมาจากประเทศไทย แต่ในขณะที่ประเทศไทยมีโรงงานผลิตเอนไซม์โบรมิเลนเพียง 2 รายเท่านั้น ซึ่ง 1 ในนั้นเป็นโรงงานผลิตเอนไซม์ โบรมิเลนสัญชาติไต้หวันที่ผลิตเพื่อการส่งออกทั้งหมด ส่วนอีก 1 ราย เป็นโรงงานของคนไทย การนำโบรมิเลนไปใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ จะผลิตเอนไซม์โบรมิเลนออกมาเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยตรง โดยทั่วไปผลิตออกมาเป็นผงหมักเนื้อนุ่ม ซึ่งในผงหมักเนื้อนุ่มนั้นจะมีเอนไซม์โบรมิเลนผสมอยู่ในปริมาณหนึ่ง ร่วมกับการผสมสารปรุงแต่งอาหารชนิดอื่นๆหรือกากสับปะรดเข้าไปเพื่อเพิ่มปริมาณให้มากพอ ที่ต้องทำเช่นนี้ เนื่องจากหากนำเอนไซม์โบรมิเลนผงล้วนมาบรรจุขาย ราคาจะสูงมาก และการนำไปใช้งานเพื่อการหมักเนื้อนุ่มอาจไม่คุ้มค่า



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์เอนไซม์โบรมิเลนที่สกัดได้จากส่วนต่างๆของสับปะรด  
ที่มา : <https://www.ebay.com>

### 5.3 การผลิตเอนไซม์สับปะรดและลักษณะผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากเอนไซม์สับปะรด

อุตสาหกรรมการผลิตเอนไซม์ ที่ทันสมัยที่สุดในปัจจุบัน คือบริษัท โนวาซาม (Novozyme) ตั้งอยู่ที่ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัยและสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด เพื่อประยุกต์ใช้ในหลายๆด้าน การผลิตเอนไซม์จะใช้เทคโนโลยีที่สำคัญอย่างน้อย 3 แบบหลักได้แก่ 1) การทำให้แห้งโดยลมร้อน (spray dry) 2) การทำให้แห้งโดยแช่เยือกแข็ง (freeze dry) และ 3) การทำให้เข้มข้นมากขึ้น (concentration) ซึ่งการผลิตทั้งสามแบบนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะของเอนไซม์นั้นๆ โดยโรงงานผลิตเอนไซม์ที่มีการผลิตในประเทศไทย ใช้วิธีการทำให้เป็นผงและต่อยอดไปเป็นผลิตภัณฑ์สารหมักเนื้อนุ่ม

ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดนอกเหนือไปจากการนำไปใช้โดยตรงดังเช่นผลิตภัณฑ์สารหมักเนื้อนุ่มแล้วยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการมุ่งเป้าต่างๆได้อีกมากมาย ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากเอนไซม์สับปะรดได้แก่ โทนนอร์เซ็ดหน้า ผงช่วยย่อยอาหาร สคริปขัดผิว ในอีกทางหนึ่งยังสามารถต่อยอดไปสู่ผลิตภัณฑ์เวชสำอาง และยา ที่มีประสิทธิภาพสูงได้อีกมากเช่น ยาช่วยย่อยในผู้ป่วย ยาด้านการอักเสบของผิวหนัง ครีมรักษาแผลเป็น และอื่นๆอีกมากมาย





ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์เอนไซม์โบรมิเลนจากสับปะรดที่ทำให้เข้มข้น  
ที่มา : <https://www.ebay.com>



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อนุ่มที่มา  
ที่มา : <http://www.chotethanachote.co.th>



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอาง  
ที่มา : <https://medikderma.com>

#### 5.4 บริบทพื้นที่

มีพ่อค้ากลุ่มหนึ่งจากต่างถิ่น เข้ามารับซื้อต้นสับปะรดในราคากิโลกรัมละ 2-3 บาท โดยในการตกลงราคาแต่ละครั้ง จะมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างเพื่อตัดสินใจกำหนดราคาซื้อขาย ซึ่งสังเกตได้ว่า น่าจะเป็นการตรวจวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์กลุ่มโปรติเอส หากตรวจพบว่ามีกิจกรรมเอนไซม์สูงก็จะซื้อขายในราคาเท่ากับ 3 บาท ซึ่งเป็นราคาสูงสุด และในการซื้อขายแต่ละครั้งทางเกษตรกรจะต้องทำการปอกเปลือกต้นสับปะรดให้แก่พ่อค้าด้วย ซึ่งหากมีต้นสับปะรดจำนวนมาก (มากกว่าหมื่นลำต้นต่อครั้ง) เกษตรกรจำเป็นต้องจ้างหรือระดมเพื่อนบ้านมาช่วยกันปอกเปลือก ทั้งนี้เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มจากการขายต้นสับปะรดประมาณ 7-8 พันบาทต่อครั้ง

มีข้อสงสัยในกลุ่มเกษตรกรว่าพ่อค้าเหล่านี้รับซื้อต้นไปทำอะไร แต่จากการสอบถามพนักงานขับรถก็ได้ทราบว่า พ่อค้าที่มารับซื้อนั้นเป็นแคคนกลาง ซึ่งจะต้องขนต้นสับปะรดเหล่านี้ไปขายยังผู้รับซื้อตัวจริงซึ่งเป็นโรงงานแปรรูปในจังหวัดระยองและชลบุรี ส่วนข้อมูลเชิงลึกว่าโรงงานนั้นแปรรูปอะไร ทางพนักงานขับรถตอบได้เพียงสั้นๆว่า “น่าจะเอาไปทำยา”

ปรากฏการณ์การเข้ามากวาดซื้อต้นสับปะรดในลักษณะนี้ เกิดขึ้นมานานเกือบ 20 ปี ทั้งในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและพื้นที่จังหวัดใกล้เคียง ดังเช่นเหตุการณ์ที่ปรากฏเป็นข่าวเมื่อเร็วๆนี้ ในสถานการณ์ที่สับปะรดราคาตกต่ำมากครั้งหนึ่งในช่วงหลายปี

### เอกภพ วงษ์ประเสริฐ ผู้สื่อข่าวท้องถิ่นได้นำเสนอข่าวหนึ่งที่น่าสนใจเผยแพร่ใน youtube ดังนี้

“ชาวไร่สับปะรดปทุมบุรีแห่งหนึ่งมาบอกขายสร้างรายได้เลี้ยงครอบครัวเฉลี่ยวันละ 1000 บาท หลังประสบวิกฤตราคาซื้อตกต่ำเหลือเพียงกิโลละ 3 บาท วันที่ 25 ม.ค.61 ผู้สื่อข่าวรายงานว่า ได้เดินทางลงพื้นที่ตำบลเขาจ้าว อ.ปทุมบุรี จ.ประจวบฯ ซึ่งเป็นสถานที่ปลูกสับปะรดแหล่งใหญ่อีกแห่งหนึ่งของจังหวัดประจวบฯ พบว่าชาวบ้านในพื้นที่ซึ่งมีอาชีพปลูกสับปะรดส่งขายให้กับโรงงานในอำเภอปทุมบุรี กำลังช่วยกันนำเหง้าของต้นสับปะรดที่ต้นมีสภาพแก่แล้วไม่สามารถออกลูกได้อีก มาช่วยกันปอกเปลือกออกให้เหลือแต่เนื้อในสีขาวรวบรวมส่งขายให้กับพ่อค้าคนกลางที่มาติดต่อขอรับซื้อในราคา กิโลละ 3 บาท เพื่อนำรายได้จากการขายไปซื้อข้าว และค่าใช้จ่ายในครัวเรือนเลี้ยงชีพในสภาวะที่สับปะรดยังไม่ออกผลผลิตและมีราคาตกต่ำไม่คุ้มค่ากับการลงทุน นางอุษา ยอดทอง วัย 54 ปี อยู่บ้านเลขที่ 37 ม.4 บ้านท่าวังหิน ต.เขาจ้าว อ.ปทุมบุรี จ.ประจวบฯ เล่าให้ผู้สื่อข่าวฟังว่า ตนเองก็ทำไร่สับปะรดเหมือนกัน มีที่ดินปลูกเพียงไม่ถึง 10 ไร่ และแบ่งปลูกกับลูกๆของตน โดยในช่วงระหว่างปลูกรอเก็บเกี่ยวผลผลิต ก็ต้องไปรับจ้างหาเงินมาเป็นค่าใช้จ่ายในครัวเรือน บางครั้งก็ลงคลองหาปลาไปขายและมาทำกับข้าว แต่มาในช่วงนี้มีพ่อค้า-แม่ค้า คนกลางจากต่างถิ่นเข้ามาติดต่อหาซื้อเหง้าสับปะรดที่ปอกแล้วไปขายต่อหรือส่งโรงงาน โดยให้ราคา กิโลกรัมละ 3 บาท ตนเห็นว่าดีกว่าใช้รถไถปั่นทิ้งไถกลบ หรืออยู่เฉยๆ ดีกว่าไม่ได้อะไรเลย จึงพาครอบครัวและลูกๆไปรีดถอนนำเหง้าของสับปะรดในไร่ของตนเองแปลงที่สามารถออกลูกได้แล้ว หรือไปขอจากแปลงคนอื่นที่เขาทิ้งแล้วนำมาปอกขาย ทำให้สามารถสร้างรายได้เฉลี่ยครัวเรือนละ 1000 บาทต่อวัน ถ้าครอบครัวใดมีคนช่วยปอกเยอะๆก็จะได้มากกว่านี้ แต่ถ้าทำคนเดียวก็จะได้ประมาณ คนละ 200-300 บาทต่อวัน ก็ยังดีกว่าไปรับจ้างคนอื่น และยังดีกว่าอยู่บ้านเฉยๆไม่ได้อะไรเลย สำหรับพ่อค้า-แม่ค้าที่มารับซื้อก็ไม่ได้บอกว่าเอาไปทำอะไร และตนเองก็ไม่ได้ถาม จึงอยากให้ภาครัฐ เข้ามาช่วยดูแลให้สับปะรดมีราคาดีขึ้นมากกว่านี้อีกสักหน่อย เนื่องจากปลูกแล้วไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เพราะต้นทุนการปลูก เช่น ซื้อหน่อ ค่าปุ๋ย-ค่ายา มีแต่จะปรับราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ นางอุษากล่าว”



ภาพที่ 6 เหง้าและต้นสับปะรด โดยเกษตรกรกำลังปอกเปลือกต้นสับปะรดเพื่อจำหน่ายให้พ่อค้าที่มารับซื้อ  
ที่มา : ศุภฤกษ์ สายแก้ว (2561)

### 5.5 สถานการณ์และโอกาสจังหวัดราชบุรี

ด้วยยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดราชบุรีของส่วนจังหวัดภายใต้ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 เรื่องการพัฒนาการเกษตรสีเขียวแบบครบวงจรและเมืองอาหารคุณภาพที่เติบโตอย่างมั่นคง และยุทธศาสตร์ที่ 2 การเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ การค้า การบริการ การท่องเที่ยวด้วยนวัตกรรมและบริการที่มีมูลค่าสูง โดยมีเป้าประสงค์ที่สำคัญได้แก่ 1) ให้จังหวัดราชบุรีมีปัจจัยพื้นฐานที่เอื้อต่อการทำการเกษตร และมีห่วงโซ่คุณค่าทางการเกษตรที่เข้มแข็ง สร้างงาน อาชีพแก่ประชาชน ชุมชน และ 2) ให้มีการนำทรัพยากรมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดเด่นและมีมูลค่าเพิ่ม และมีตัวชี้วัดข้อหนึ่งที่น่าสนใจคือ จะต้องมิจำนวนนวัตกรรมเทคโนโลยีทางการเกษตรที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อเพิ่มมูลค่าและมูลค่าทางการเกษตรที่แข่งขันได้



จากการวิเคราะห์ SWOT ของจังหวัดฯ ซึ่งให้เห็นว่า “สับปะรด” ยังคงถูกกำหนดให้เป็นจุดแข็งที่สำคัญของจังหวัดราชบุรีที่ควรมีการส่งเสริมและสร้างคุณค่าและมูลค่าอย่างต่อเนื่อง เน้นการพัฒนานวัตกรรม โดยให้คำนึงถึงการเชื่อมโยงห่วงโซ่คุณค่าระหว่างภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคการบริการเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการยกระดับและแข่งขันได้

ในทำนองเดียวกันมาตรการสำคัญประการหนึ่งที่จังหวัดฯจะต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนและเน้นเป็นสิ่งสำคัญ (Flagship Project) ก็คือการสนับสนุนการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตร และการใช้ประโยชน์จากฐานทรัพยากรชีวภาพ เพื่อต่อยอดองค์ความรู้และพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง โดยนำผลการวิจัยและพัฒนามาใช้ประโยชน์ในการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ที่หลากหลายและสอดคล้องกับความต้องการของตลาดบนพื้นฐานของการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ ทั้งภาคเกษตรกร ภาคเอกชน และภาครัฐของจังหวัด

มาตรการดังกล่าวจะถูกนำมาสู่การปฏิบัติให้เกิดผลสัมฤทธิ์ได้จริงนั้น จำเป็นต้องอาศัยมหาวิทยาลัยฯ เป็นผู้ขับเคลื่อน ดังนั้นนับเป็นช่วงจังหวะที่เหมาะสมที่จะนำโอกาส (O) ที่มหาวิทยาลัยฯจะได้แสดงศักยภาพไปเสริมจุดแข็ง (S) เกี่ยวกับการพัฒนาเรื่องราวของสับปะรด เพื่อให้ภาคีทุกภาคส่วน และจังหวัด สามารถสร้างการแข่งขันขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยมหาวิทยาลัยฯจะเข้ามาดำเนินการ “วิจัย” และ “จัดการความรู้” องค์ความรู้และพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงจากสับปะรด โดยความร่วมมือพหุภาคี ทั้งภาคเกษตรกร ภาคเอกชน และภาครัฐของจังหวัด

กระทรวงอุตสาหกรรมได้วิเคราะห์เอาไว้ว่า “เอนไซม์สับปะรด” คือผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงที่มีอยู่ในทุกส่วนของสับปะรดในมิติของผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพ กอปรกับในปัจจุบัน มีโรงงานอุตสาหกรรมที่แปรรูปสับปะรดไปเป็นเอนไซม์จากสับปะรดชื่อ “โบรมิเลน” อยู่ 2 แห่ง ในจำนวนนี้มีอยู่ 1 แห่งที่ผลิตโบรมิเลนโดยตรง และมี 1 แห่งที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากเอนไซม์โบรมิเลน

ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในการแปรรูปเอนไซม์สับปะรดคือ ผู้ผลิตควรจะต้องอยู่ใกล้ๆแหล่งเพาะปลูก และควรจะมีวัตถุดิบป้อนให้ผู้ผลิตมากเพียงพอ เนื่องจากเอนไซม์สับปะรดเป็นสารชีวภาพที่สามารถถูกย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปหรือเสื่อมสภาพไปได้ตลอดเวลา ดังนั้นการกักเก็บวัตถุดิบ (stock) เพื่อผลิตเอนไซม์สับปะรดจึงไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตาม นักลงทุนยังคงมองเห็นโอกาสในการลงทุนเกี่ยวกับเอนไซม์สับปะรดด้วยเหตุผลข้อดีประการหนึ่งคือ เอนไซม์สับปะรดมีอยู่ในทุกส่วนของสับปะรด ไม่ว่าจะเป็น ผล ต้น หน่อ เหง้า แกน หรือแม้กระทั่งเปลือก แต่ในอีกทางหนึ่ง การนำเอนไซม์สับปะรดออกมาประยุกต์ใช้งานนั้นควรต้องคำนึงถึงหลักวิชาการทางเอนไซม์วิทยา เพราะเอนไซม์ในสับปะรดมีหลายชนิด โดยจากข้อมูลทางวิชาการที่ได้รายงานเอาไว้ซ้ำๆ มีอย่างน้อย 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มไกลโคไซด์ไฮโดรเลส และกลุ่มโปรติเอส

เอนไซม์โปรติเอสจากสับปะรดจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ในลักษณะ “Low Volume High Value” หมายถึงปริมาณมวลที่ผลิตได้มีน้อยแต่มีมูลค่าสูง ซึ่งในปัจจุบันพบว่าเอนไซม์โปรติเอสจากสับปะรด อาทิ โบรมิเลนบริสุทธิ์ มีมูลค่ามากถึง 100 บาท/กรัม ซึ่งในปริมาณ 1 กรัมนี้ก็พบว่ามีความกิจกรรม (ฤทธิ์ทางชีวภาพ) ไม่ครบสมบูรณ์ 100% หากต้องการหาโบรมิเลนบริสุทธิ์ที่มีความกิจกรรมสมบูรณ์และมีค่าสูงมาใช้งานอาจมีมูลค่าสูงถึง 2,000-5,000 บาท/กรัม ปัจจุบันตลาดอุตสาหกรรมมีความต้องการเอนไซม์โปรติเอสจากสับปะรดอย่าง

มาก เนื่องจากผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มากมายที่ได้ผลักดันไปสู่การประยุกต์ใช้ทั้งในด้านอาหารคน อาหารสัตว์ ยา เวชภัณฑ์และเครื่องสำอาง

ในการประชุมคณะกรรมการประสานและขับเคลื่อนนโยบายสานพลังประชารัฐประจำจังหวัด (คสป.) คณะทำงานการยกระดับนวัตกรรมและผลิตภาพ (D1) ได้มีการสนับสนุนให้มหาวิทยาลัยดำเนินการวิจัยเพื่อให้สามารถแปรรูปสับปะรดไปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง ซึ่งเอนไซม์สับปะรด ก็เป็นอีกหนึ่งประเด็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงนั้นที่ถูกหยิบยกมาพูดคุยเพื่อตัดสินใจ

ในที่ประชุมฯ ต่างเห็นพ้องกันว่าหากสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ หรือถ่ายทอดเทคโนโลยี ประเด็นของการแปรรูปสับปะรดใน 3 เงื่อนไขคือ “เหลือ” “ทิ้ง” และ “ผลพลอยได้” ให้กลายมาเป็นเอนไซม์สับปะรด ไม่ว่าจะเป็กรรณวิธีในระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน หรือเป็นกรรมวิธีที่ภาคอุตสาหกรรมสามารถเข้าถึงและลงทุนได้

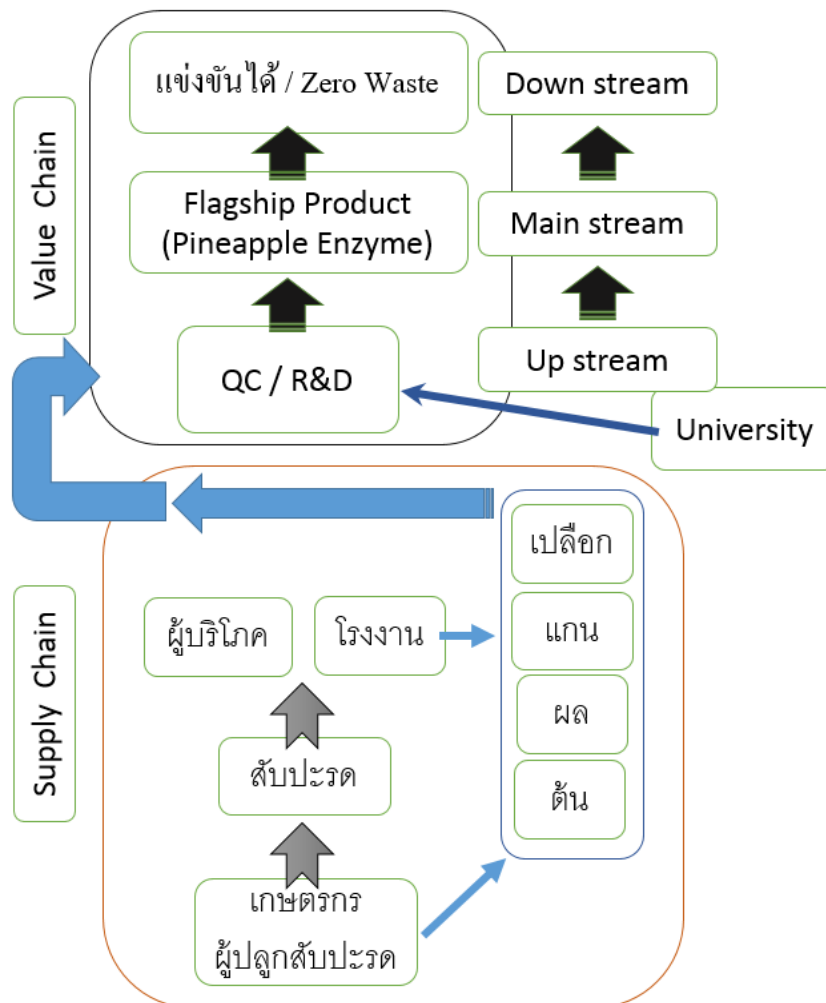
ก็จะสามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เกษตรมูลค่าสูงที่เป็นรูปธรรม และสามารถนำไปใช้เพื่อการพัฒนา นโยบายจังหวัด และการต่อบทบาทชีวิตค่าเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ โดยเฉพาะอาจจะเป็นประโยชน์ในการลงทุน ธุรกิจของภาคอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ในจังหวัดราชบุรีทั้ง SME อุตสาหกรรมเล็ก กลาง ใหญ่ ที่ปัจจุบันมีมากถึง 358 แห่ง ซึ่งมีศักยภาพสามารถดำเนินการลงทุนประเดิม และ turn key ได้เลย

## 5.6 ทูเด็มของทีมีวิจัยในการทำงานร่วมกับหน่วยงาน/ภาคีในพื้นที่ จุดแข็งที่เชื่อมโยงกับโจทย์

สอดคล้องกับที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง เป็นกลไกหนึ่งของจังหวัดราชบุรี (ภาพที่ 7) มีพันธกิจสัมพันธ์ด้านการเกษตรอย่างหนึ่งคือ เพื่อการสร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและภูมิปัญญาแบบมีส่วนร่วมของทุกภาคี เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้าเกษตรสามารถตอบสนองกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งในขณะนี้ มหาวิทยาลัยได้รับมอบหน้าที่จากคณะกรรมการประสานและขับเคลื่อนนโยบายสานพลังประชารัฐประจำจังหวัด (คสป.) คณะทำงานการยกระดับนวัตกรรมและผลิตภาพ (D1) ให้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูปชนิดใหม่ๆ โดยจะต้องเกิดการสร้างมูลค่าให้แก่เกษตรกรรวมไปถึงผู้ประกอบการในจังหวัดก็สามารถจะเข้าถึงได้

การวิจัย และการจัดการความรู้ คือประเด็นที่จำเป็นต้องดำเนินการก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งเป็นโอกาสที่มหาวิทยาลัยฯ จะเข้ามารับหน้าที่นี้ ทั้งนี้องค์ความรู้เกี่ยวกับการสกัดและพัฒนาการผลิตเอนไซม์จากสับปะรดนั้นไม่ใช่เรื่องใหม่ในวงการวิชาการ องค์ความรู้ที่เผยแพร่ในปัจจุบันมีหลากหลาย สามารถหยิบยกมาใช้ได้เลยหรืออาจดัดแปลงบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมมากที่สุด แต่องค์ประกอบที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งนั่นก็คือ การศึกษาวิจัยในแง่มุมต่างๆเกี่ยวกับเอนไซม์สับปะรดจำเป็นต้องใช้วิทยาการทางชีวเคมี เครื่องมือและเทคโนโลยีเฉพาะทางด้านเอนไซม์วิทยา อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเฉพาะด้าน และนักวิจัยที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้หน่วยงานราชการในจังหวัดและภาคอุตสาหกรรมแม้จะร่วมมือกันก็ตาม ก็ไม่สามารถตอบสนององค์ประกอบที่สำคัญเหล่านี้ได้อย่างครบถ้วนทุกประการ จึงเป็นที่

แน่นอนว่าแนวความคิดที่จะดำเนินการผลิตเอนไซม์สับปะรดออกมาเพื่อสร้างมูลค่าอย่างเป็นรูปธรรมนั้น จำเป็นต้องพึ่งศักยภาพของมหาวิทยาลัยฯ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้



ภาพที่ 7 ผังมโนทัศน์แสดง positioning ของโครงการวิจัย โดยโครงการฯ จะเป็นส่วนที่ทำการการเชื่อมโยง Supply Chain ไปสู่ Value Chain ด้วยกลยุทธ์การพัฒนาสินค้าเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์เกษตรมูลค่าสูง ได้แก่ เอนไซม์สับปะรด โดย Positioning หลักของมหาวิทยาลัยอยู่ในระดับ Up Stream และ Positioning รองอยู่ใน Main Stream ด้วยเช่นกันโดยทำหน้าที่สนับสนุนภารกิจการวิจัยและพัฒนาให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่อยอด ทำให้กลไกการพัฒนาตามแผนยุทธศาสตร์จังหวัดเกิดการขับเคลื่อน

## 5.7 เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง

การทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dehydration หรือ lyophilization หรือ freeze drying) หมายถึง การทำแห้งด้วยการแช่ให้เย็นจัดมากจนเยือกแข็ง (freezing) ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งก่อน จากนั้นจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็ง “ระเหิด” เป็นไอ ด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ขณะควบคุมให้อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิ เท่ากับหรือ ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็งระเหิดที่ความดันเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่า)

### ขั้นตอนในการทำแห้งเยือกแข็ง

1. การแช่เยือกแข็ง (freezing) เป็นการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) เพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็ง (ice crystal formation) อัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) ควรเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว เพื่อให้เกิดผลึกและผลึกที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็ก การแช่เยือกแข็งแบบเร็ว ที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี เช่น การแช่เยือกแข็งแบบใช้ลมเย็นเป่า (air blast freezing) การแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจน (cryogenic freezing) และการแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (immersion freezing) เป็นต้น

2. การทำแห้งขั้นต้น (primary drying) เป็นการลดปริมาณน้ำ (dehydration) โดยการระเหิด น้ำแข็ง ให้เป็นไอโดยการลดความดันบรรยากาศ เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งที่อยู่ภายในเกิดการระเหิดเป็นไอ ออกไปจากผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ระดับของสุญญากาศ (vacuum) ควรอยู่ต่ำกว่า 132 Pa และ 132 mPa ตามลำดับ การระเหิดของผลึกน้ำแข็งจึงเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ การระเหิดของชั้นน้ำแข็ง (ice layer) จะเริ่มจากชั้นน้ำแข็งบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ระเหิดไปเป็นไอ ทำให้บริเวณนี้กลายเป็นชั้นแห้ง (dry layer) จากนั้นเป็นการระเหิดของชั้นน้ำแข็งที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ ระเหิดผ่านชั้นแห้ง ออกไปสู่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยระยะเวลาการระเหิด ขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง และโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

3. การทำแห้งขั้นที่สอง (secondary drying) เมื่อการทำแห้งขั้นต้นเสร็จสมบูรณ์ น้ำแข็งจะละลายไปหมด จะมีความชื้นที่หลงเหลืออยู่ จึงต้องมีการทำแห้งด้วยการเพื่ออุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อดึงเอาความชื้นที่เหลืออยู่ออกถึงระดับความชื้นที่ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษา

ข้อดีของการทำแห้งเยือกแข็งก็คือ เป็นการทำแห้งขณะที่อาหารมีอุณหภูมิต่ำจึงลดการสูญเสียของอาหารเนื่องจากความร้อน ลดการทำลายเนื้อเยื่อและโครงสร้างอาหาร ทำให้ได้อาหารแห้งที่ได้มีคุณภาพสูง มีการคืนตัว (rehydration) ที่ดี รักษาคุณภาพอาหาร เช่น สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้ง แบบอื่น เช่น การทำแห้งแบบพ่นละออง (spray drier) การทำแห้งด้วยลมร้อน เช่น ตู้อบลมร้อน (tray drier, carbinet drier) แต่มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ใช้ลมร้อนทั่วไป



## 5.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอนไซม์สับปะรดไปใช้ประโยชน์

ยุทธพงศ์และวชิรา ในปี 2538 ได้ทำการศึกษาการถนอมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เอนไซม์โบรมีเลนผงที่ได้จากทางการค้าของบริษัทเอกชน ทำการสำรวจคุณภาพจุลินทรีย์ของโบรมีเลนที่ผลิตจากบริษัทเกรตฟู้ด และบริษัทหงหม่าวไบโอเคมิคอล จำกัด โดยสุ่มเก็บตัวอย่างโบรมีเลนจากบริษัททั้งสองแห่ง บริษัทละ 60 ตัวอย่าง จากการตรวจพบว่า โบรมีเลนของทั้งสองบริษัทพบเชื้อจุลินทรีย์ (Total viable microbial count) มีปริมาณการปนเปื้อนสูงเกิน 5,000 เซลล์ต่อกรัม นอกจากนี้ ยังตรวจพบจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นตัวบ่งชี้สุขอนามัยของอาหาร เช่น เชื้อ Coliforms และ Escherichia coli ในบางตัวอย่างของโบรมีเลนอีกด้วย นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่ปริมาณ 2, 4, 6, 8 และ 10 กิโลเกรย์ ที่มีต่อจุลินทรีย์และประสิทธิภาพการทำงาน (Enzyme activity) ของโบรมีเลน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า รังสีปริมาณ 4-6 กิโลเกรย์ มีผลทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของโบรมีเลน ที่ผลิตจากบริษัทเกรตฟู้ด และหงหม่าวฯ ลดลงจำนวน 1-4 log cycles และ 2-5 log cycles ตามลำดับ ตรวจไม่พบ Coliforms E. coli, Salmonella และ Staphylococcus aureus ในทุกตัวอย่างของโบรมีเลนที่ฉายรังสีปริมาณ 6 กิโลเกรย์ นอกจากนี้พบว่ารังสีปริมาณ 6 กิโลเกรย์ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของโบรมีเลนจากบริษัททั้งสองลดลงเฉลี่ย 10.4 และ 6.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่า การฉายรังสีปริมาณ 6 กิโลเกรย์ เพียงพอที่จะป้องกันการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์และเป็นการถนอมคุณภาพของเอนไซม์ให้ไม่เสื่อมเสีย

วราพันธุ์ และคณะในปี 2547 ได้ดำเนินการทดลองศึกษาปริมาณและคุณภาพของเอนไซม์โบรมีเลนที่สกัดได้จากสับปะรดจำนวนสองสายพันธุ์คือ ปัตตาเวียและภูเก็ต โดยผลการศึกษาพบว่า ส่วนเนื้อไม้ปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนสูงที่สุด ในขณะที่ในส่วนแกนไม้ปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนต่ำที่สุด ส่วนปริมาณเอนไซม์ทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยเอนไซม์โบรมีเลนที่แยกได้จากสับปะรดตัวอย่างมีความชอบในการย่อยสลายกากถั่วเหลืองมากที่สุดโดยใช้อัตราส่วนในการย่อยเท่ากับ 1:2 (กากถั่วเหลือง : น้ำสับปะรด)

Devakate และคณะ ในปี 2008 ได้ศึกษาการทำแห้งเอนไซม์โบรมีเลนโดยวิธีทำแห้งแบบลมร้อนและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลการศึกษาพบว่า การใช้ลมร้อนทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ลดลงเหลือเพียง 50% ของทั้งหมด ในขณะที่การใช้การทำแห้งเยือกแข็งทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์คงเหลือ 96%

อารี ฤทธิบูล ในปี 2554 ได้ศึกษาการสกัดเอนไซม์โบรมีเลนออกจากลำต้นสับปะรดและประยุกต์ไปใช้เพื่อผลิตสารหมักเนื้อนุ่ม โดยผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้อะซีโตนในการแยกเอนไซม์ออกมาได้ปริมาณสูงที่สุด เมื่อนำเอนไซม์ที่แยกออกมาได้ไปทำการทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dry) ก็สามารถผลิตเอนไซม์ผงได้ปริมาณหนึ่ง โดยเอนไซม์ผงที่ได้มีความคงตัวเมื่ออยู่ในสภาวะ pH=7.0 และอุณหภูมิ 4 °C โดยในสภาวะนี้เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงจะพบว่าความคงตัวจะลดลงเหลือค่ากิจกรรม = 93.86%

ปิยาภรณ์ วงศิริกุล และคณะในปี 2556 ได้ทำการศึกษาการสกัดสารพลาสติกพอลิไฮดรอกซีบิวทิเรตจากเชื้อ Alcaligenes eutrophus โดยใช้เอนไซม์โบรมีเลน และพบว่าเอนไซม์โบรมีเลนสามารถสกัดพลาสติกออกมาจากเชื้อได้ดีในระดับหนึ่ง โดยเอนไซม์โบรมีเลนที่สกัดออกมาได้นั้นนำมาจากผลสับปะรดที่มีอายุระหว่าง 100-200 วันซึ่งมีค่ากิจกรรมสูง

Kamaluddeen และ Muntari ในปี 2015 ได้ศึกษาค่ากิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนจากผลและเหง้าของสับปะรด ผลการศึกษาพบว่า โบรมิเลนจากเหง้าสามารถแยกและทำให้บริสุทธิ์ได้ในปริมาณมากกว่าโบรมิเลนจากผล 4.64 เท่า

พิลาณี ไฉนอมสัจย์ ได้ศึกษาการนำเอนไซม์โบรมิเลนไปใช้ประโยชน์ในอาหารสัตว์ และพบว่าสามารถแยกเอนไซม์โบรมิเลนออกมาได้จากเหง้าคิดเป็น 0.25% ของน้ำหนักเหง้า และค่ากิจกรรมที่มีในเหง้าสูงมากกว่าเอนไซม์โบรมิเลนทางการค้า โดยเอนไซม์โบรมิเลนที่สกัดได้นั้นมีความสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 60 °C และ pH=7.0

กาญจนาพร และอาภัสสร ในปี 2561 ได้ทำการศึกษานำเอนไซม์โบรมิเลนมาใช้ประโยชน์ในการทำให้เนื้อสุกรนุ่มขึ้น โดยนำเนื้อมาหมักร่วมกับเอนไซม์โบรมิเลนที่ความเข้มข้น 0.5%, 1% และ 1.5% ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 ชม. เพื่อคัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเนื้อสุกร พบว่าหลังเนื้อผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ที่ 0.5% ค่า Shear force, Springiness, Hardness, Chewiness และ Cohesiveness ลดลง 8.28%, 10.53%, 18.16%, 39.82% และ 5.98% ตามลำดับ ซึ่งเอนไซม์ไม่มีผลต่อค่า  $\Delta E$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  และค่า pH แต่มีผลทำให้ค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้น

สุทธิวัฒน์ และคณะในปี 2561 ศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน กิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลนและค่า เอนไซม์ specific activity ปริมาณเบต้าแคโรทีน ในอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) ในอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) และปริมาณในอาหารทั้งหมด (TDF) ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัด ลำปาง อุตรดิตถ์ หนองคาย อุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี ชลบุรี ระยอง ตรารัต เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัด ระยอง ตรารัต และภูเก็ต สับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลจากจังหวัดเชียงราย พบว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อผลสับปะรดมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 82.90-167.71 mg/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงสุด ปริมาณโปรตีนในแกนสับปะรดมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในเนื้อผล คือมีปริมาณ 35.21-118.83 mg/100gFW กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อผลสับปะรดมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีค่าอยู่ระหว่าง 146.92-254.48 mg tyrosine/100 g/ min โดยในเนื้อสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตแลมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในแกนสับปะรดมีปริมาณต่ำกว่าในเนื้อผล ซึ่งพบแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ในสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์และจากทุกๆพื้นที่ปลูก ค่า enzyme specific activity ในเนื้อผลสับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.28 - 2.02 U/mg protein เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดชลบุรีและอุทัยธานีมีค่า specific activity สูงสุด ซึ่งค่า specific activity ในแกนผลมีค่าใกล้เคียงกับในเนื้อผลคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.99 - 2.5 U/mg protein ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูกคือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 - 8.40 ug/100gFW โดยพบว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยองมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ปริมาณ SDF IDF และ TDF มีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก โดยที่ SDF มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 -0.34 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูแลและพันธุ์นางแลมีปริมาณ SDF สูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) พบปริมาณ IDF ในปริมาณที่สูงกว่า

SDF ในทุกๆ พันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.05-1.69 g/100gFW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) และ TDF มีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.17-1.85 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความบริบูรณ์ของผล (ค่าสีเปลือก) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าสีเปลือกกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ในเนื้อสับปะรดค่อนข้างต่ำในทุกๆ ด้าน ( $R^2 = 0.00-0.39$ ) แต่ในพันธุ์ภูเก็ตพบค่าความสัมพันธ์ระหว่างความบริบูรณ์ของผลกับค่า SDF IDF และ TDF มีค่าความสัมพันธ์กันสูง ( $R^2 = 0.96$  0.80 และ 0.90 ตามลำดับ) ซึ่งแสดงว่าเมื่อผลมีสีเหลืองมากหรือสุกมากขึ้น (ค่า hue ต่ำ) SDF IDF และ TDF มีปริมาณสูงขึ้น

ผลการศึกษาที่ผ่านมาหากใช้วิธีการที่ก่อให้เกิดอุณหภูมิสูงในขณะที่ทำการผลิตเอนไซม์สับปะรด จะพบว่าประสิทธิภาพของเอนไซม์จะลดลงไปมากกว่าครึ่งหนึ่ง เอนไซม์สับปะรดจะมีความคงตัวอยู่ที่ประมาณ 40-60 °C และ pH=7.0 การใช้เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็งสามารถทำให้เอนไซม์ที่ถูกแปรรูปยังคงมีกิจกรรมคงเหลือมากถึง 96% อย่างไรก็ตามแม้ว่าเอนไซม์ที่ผลิตออกมาได้จากกระบวนการทำแห้งเยือกแข็งจะมีประสิทธิภาพสูงอยู่ก็ตาม แต่หากนำเอนไซม์ไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอด ซึ่งหากผลิตภัณฑ์ต่อยอดนั้นมีการใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการผลิต ย่อมต้องทำให้เกิดการสูญเสียค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไปอีกมาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะไม่สามารถตรวจพบว่ามีกิจกรรมเอนไซม์หลงเหลืออยู่เลย อีกประเด็นหนึ่งที่ไม่อาจละเลยในเรื่องของกระบวนการผลิตเอนไซม์ก็คือ ในเมื่อการผลิตเอนไซม์นั้นไม่สามารถใช้ความร้อนได้ ดังนั้นการกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนโดยการใช้ความร้อนจึงไม่สามารถกระทำได้ การฉายด้วยรังสีจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ได้ในการค้า

กล่าวโดยสรุปก็คือ การผลิตเอนไซม์สับปะรดสามารถใช้วิธีการทำแห้งเยือกแข็งได้ แต่ในกระบวนการผลิตด้วยการทำแห้งเยือกแข็งนั้น จะต้องมีการวิธีอย่างไร มีสภาวะ (condition) ที่สำคัญที่ส่งผลต่อค่ากิจกรรมและค่าความคงตัวอย่างไร และเมื่อผลิตเอนไซม์สับปะรดได้แล้ว ตัวผลิตภัณฑ์ต่อยอดที่นำเอนไซม์ที่ทำแห้งเยือกแข็งไปพัฒนาต่อยอดนั้นจะมีคุณลักษณะและรูปร่างผลิตภัณฑ์อย่างไร ดังนั้นการวิจัยในโครงการนี้จึงได้ถูกริเริ่มขึ้นเพื่อตอบเป้าหมายตามที่ได้กล่าวมา

## 6. ระเบียบวิธีวิจัย

### 6.1 ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยดำเนินการในสองขั้นตอนคือการผลิตเอนไซม์สับปะรดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอด
2. การผลิตเอนไซม์สับปะรดเป็นการผลิตเอนไซม์ดิบ (crude enzyme)
3. การผลิตเอนไซม์ใช้เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง
4. การวิจัยนี้ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการทำให้เอนไซม์มีประสิทธิภาพสูงที่สุด
5. การวิจัยได้ใช้วิธีวิจัยที่ภาคีหลายๆแห่งเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย

## 6.2 วิธีวิจัย

### 6.2.1. การศึกษาบริบทของพื้นที่และการศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ ใช้เวลา 2 เดือน

**เป้าหมาย :** วิธีวิจัยดำเนินการตามวิธีการของ ดวงพร ภูษะภา (2559) โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ภาคีที่เกี่ยวข้อง และผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้อง เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทำงานวิจัย โดยให้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการวิจัย ซึ่งอาจมีเงื่อนไขหรือข้อตกลงร่วมกันภายใต้ MOU

**เครื่องมือ :** การประชุมระดมสมองแบบมีหัวข้อตั้งไว้ก่อน การวิเคราะห์ SWOT

**วิธีการ :** 1) นักวิจัยเตรียมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเอนไซม์สับปะรดเพื่อเริ่มการระดมสมอง

2) วิเคราะห์ภาคีและผู้มีส่วนได้เสียว่าเป็นหน่วยงานไหนบ้าง โดยต้องมีภาคีธุรกิจทุกระดับเข้าร่วมได้แก่ SME

3) ดำเนินการเชิญหน่วยงานตามข้อ 2 มาประชุมระดมสมอง โดยมีหัวข้อตั้งไว้ก่อน

4) หัวข้อคือ มหาวิทยาลัยจะเป็นผู้ดำเนินการ R&D ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดที่แตกต่างจากที่เคยมีอยู่ และเพื่อให้ผลงานนี้ได้เป็นผลิตภัณฑ์เกษตรมูลค่าสูงของจังหวัดราชบุรี โดยจะผลักดันให้เป็น Flagship Project ดังนั้นแต่ละหน่วยงานสามารถช่วยส่งเสริมหรือสนับสนุนทรัพยากรอย่างไรได้บ้าง

5) วิเคราะห์+สังเคราะห์ข้อมูลจากการระดมสมอง และนำมาร่างเป็นแผนการดำเนินงาน R&D

6) ดำเนินการแจ้ง หรือระดมสมองอีกครั้งเพื่อถอดบทเรียน สรุป และชี้แจงหน้าที่ของภาคีแต่ละหน่วยงาน

7) การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ให้ดำเนินการศึกษาภายใต้ประเด็นดังต่อไปนี้

1) การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค

- ศึกษากระบวนการผลิต เทคนิคในการผลิตผลิตภัณฑ์ และปริมาณการผลิตต่อวัน
- ศึกษาระเบียบ กฎเกณฑ์และข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์
- ประเมินความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์

2) การศึกษาความเป็นไปด้้านด้านการตลาด

- ศึกษากลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ความต้องการของกลุ่มลูกค้า และช่องทางการจัดจำหน่าย

3) การศึกษาความเป็นไปด้้านการเงิน

- การศึกษาประมาณการรายจ่าย และรายรับเพื่อดำเนินการ

- 4) การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการบริหารจัดการ
  - การศึกษาความสามารถของชุมชนเกี่ยวกับกลไกการจัดการระบบงานในข้อ 1) ถึง 3)
- 5) การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการแข่งขัน
  - การศึกษาศักยภาพภาพในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับคู่แข่งในตลาด

**การวิเคราะห์ผล/ ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ :** ได้ลักษณะการให้ความร่วมมือที่จะนำมาร่างเป็น Model การร่วมมือ R&D ระดับจังหวัด โดยมีรายละเอียดว่า ใคร ทำอะไร ที่ไหน อย่างไร / ได้กิจกรรมที่จะมาเสริมกระบวนการวิจัยภายใต้การใช้งบประมาณของภาคีเอง / ได้ MOU / ได้ข้อมูลความเป็นไปได้ในการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด

#### 6.2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดด้วยเทคนิคทำแห้งเยือกแข็ง ใช้เวลา 4 เดือน

**เป้าหมาย :** เพื่อศึกษาหาสภาวะ (condition) ที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์สับปะรดด้วยเทคนิคการทำแห้งเยือกแข็ง โดยศึกษาประเด็นดังนี้คือ 1) กิจกรรมในแต่ละส่วน 2) อุณหภูมิที่เหมาะสมที่มีผลต่อกิจกรรม 3) อุณหภูมิและเวลาของกระบวนการทำแห้งเยือกแข็งที่มีผลต่อคุณลักษณะของเอนไซม์

**เครื่องมือ :** Basic Research ในห้องปฏิบัติการ

**วิธีการ :** 1) ศึกษาปริมาณค่ากิจกรรมเปรียบเทียบเอนไซม์สับปะรดในแต่ละส่วน โดย ซึ่งแต่ละส่วนของสับปะรดได้แก่ ตัน เหง้า ผล แกน และเปลือก โดยเตรียมตัวอย่างเริ่มต้นแต่ละชนิดเท่ากับ 1 กิโลกรัมเปียก โดยสามารถออกแบบการทดลองได้ตามตารางนี้

ส่วน	ค่ากิจกรรม (U/ml)		
	37 °C	45 °C	60 °C
ตัน			
เหง้า			
ผล			
แกน			
เปลือก			

ทำการศึกษาตามตารางนี้โดยศึกษาเปรียบเทียบ จำนวน 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ที่อุณหภูมิ 37 °C 45 °C และ 60 °C แต่ให้สถานะของ pH =7.0 เท่าเดิม โดยออกแบบการทดลองแบบ RCBD

2) นำตัวอย่างที่มีค่ากิจกรรมสูงที่สุดจากการทดลองข้อที่ 1 มาศึกษาปริมาณการใช้ Ethanol เพื่อแยกเอนไซม์สับปะรดออกจากตัวอย่าง โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ Ethanol ที่ระดับความเข้มข้น 2 ค่าได้แก่ร้อยละ 20 และ 50

3) ศึกษาเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเยือกแข็ง โดยศึกษาเปรียบเทียบด้วยค่า Aw และค่ากิจกรรมของผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดใน 2 ลักษณะ ได้แก่ลักษณะผง และลักษณะชิ้น ซึ่งสภาวะที่จะศึกษาคือช่วงเวลาของการ pre-freeze ที่เวลา 2 ค่า ได้แก่ 12 และ 24 ชั่วโมง และช่วงเวลาในการ freezing ที่เวลา 2 ค่า ได้แก่ 2 และ 4 ชั่วโมง

4) ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เอนไซม์ที่ผลิตได้จากข้อที่ 3

5) ดำเนินการทดลองทุกการทดลองฯ ละ 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยตัดสินด้วยสถิติแบบ one-way ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละการทดลองด้วย LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรม PSPP Freeware

**การวิเคราะห์ผล / ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ :** วิเคราะห์ว่าสภาวะใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์สับปะรด ให้ตัดสินใจนำสภาวะนั้นมาทำการผลิตเอนไซม์สับปะรด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดแห้งเยือกแข็งพร้อมใช้ที่มีประสิทธิภาพสูง และวิเคราะห์ Yield ของปริมาณเอนไซม์ที่ได้เปรียบเทียบกับต่อมวลของวัตถุดิบที่นำมาใช้เริ่มต้น เพื่อประเมินต้นทุนและความคุ้มค่าต่อไป

### 6.2.3 การศึกษาการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด ใช้เวลา 4 เดือน

**เป้าหมาย :** เพื่อให้ได้ ข้อมูล / แนวคิด / ตัวอย่าง / วิธีการ เพื่อการนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดที่มีรูปร่างลักษณะหรือคุณสมบัติที่โดดเด่นและเหมาะสมต่อกลุ่มเป้าหมายได้มากขึ้น

**เครื่องมือ :** - จัดกิจกรรมประชุม PLC และการป้อนกลับข้อมูล โดยจะต้องดำเนินการต่อกลุ่มภาคีจากขั้นตอนการศึกษาที่ 1) โดยการจัดประชุมให้ได้อย่างน้อย 4 ครั้ง

- จัดกิจกรรมการจัดการความรู้

**วิธีการ :** 1) นักวิจัยเตรียมข้อมูลความก้าวหน้าของการวิจัย และความรู้หรือข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมมาจากการศึกษา/กิจกรรม ก่อนหน้านี้

2) ดำเนินการ PLC และป้อนกลับข้อมูลรายละเอียดจากข้อ 1)

3) วิเคราะห์และสังเคราะห์ให้ได้ข้อความรู้ใหม่หรือการเปลี่ยนแปลง/การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำกิจกรรมวิจัย ทั้งนี้ให้ดำเนินการจัดกิจกรรมการจัดการความรู้แก่ภาคีในหัวข้อเฉพาะด้าน เช่น การจัดฝึกอบรม 3 ชั่วโมงให้แก่ภาคีธุรกิจกลุ่ม smart farmer ในหัวข้อการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์สับปะรด

4) นำผลการศึกษาในลักษณะความก้าวหน้ามานำเสนอต่อที่ประชุม พร้อมนำข้อมูลการศึกษาลักษณะผลิตภัณฑ์และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำได้ในห้องตลาดมาร่วมพิจารณา

5) ทำการทบทวนบทบาทหน้าที่ของภาคี พร้อมดูความก้าวหน้าหรือถอดบทเรียนจากหน้าที่ของแต่ละภาคี



วัตถุประสงค์	ระเบียบวิธีวิจัย	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	วัน/เวลาดำเนินการ
1. เพื่อพัฒนากิจกรรมวิธีการผลิตเอนไซม์สับปะรดที่เหมาะสมด้วยเทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง	การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์การศึกษาบริบทของพื้นที่	ระดมสมอง	-Feasibility Study -ความร่วมมือ (MOU) -การแบ่งบทบาทหน้าที่	2 เดือน
	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดด้วยเทคนิคทำแห้งเยือกแข็ง	-Basic Research -ประชุมกลุ่มย่อย -ถ่ายทอดเทคโนโลยี	-กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม -ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด	4 เดือนหลังจากขึ้นต้นบน
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรดต่อยอดสำหรับ SME	การศึกษาการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด	-Basic Research -PLC -ระดมสมอง -ป้อนกลับข้อมูล -KM	- แนวทางของผลิตภัณฑ์ต่อยอด - ผลิตภัณฑ์ต่อยอดระดับ SME	6 เดือนหลังจากขึ้นต้นบน

#### 8. เป้าหมายผลผลิต (output) และตัวชี้วัด

เดือนที่	ผลผลิต	ตัวชี้วัด
1-2	รายงาน Feasibility Study รูปแบบการวิจัยและพัฒนาแบบพหุภาคี	รายงาน 1 เรื่อง MOU 1 รายการ
4	กรรมวิธีการผลิตเอนไซม์สับปะรด	องค์ความรู้ใหม่/ อย่างน้อย 1 ประเด็น
6	ผลิตภัณฑ์เอนไซม์สับปะรด	ตัวผลิตภัณฑ์ 1 รายการ
7-12	ผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากเอนไซม์สับปะรด	อนุสิทธิบัตร 1 รายการ
7-12	การจัดการความรู้ / การถ่ายทอดเทคโนโลยี	จำนวนหัวข้อ/ผู้เข้าร่วม (ภาคี) อย่างน้อย 2 เรื่อง/100 คน
7-12	ผลงานวิชาการ	บทความวิชาการ/ การเผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการ อย่างน้อย 1 รายการ



## 9. เป้าหมายผลลัพธ์ (outcome) และผลกระทบ (Impact)

ผลลัพธ์ (outcome)	ผลกระทบ (Impact)
ผลิตภัณฑ์เกษตรมูลค่าสูงที่เป็นรูปธรรม	ด้านนโยบาย : เกิดการนำผลิตภัณฑ์เอ็นโซมส์ สับปะรดไปใช้เป็นค่าเป้าหมายของการตอบ KPI ของจังหวัดราชบุรี/ ใช้เป็น Flagship Project / ใช้ เป็น Product Champion
ได้สินค้า SME ชนิดใหม่ของพื้นที่	ด้านเศรษฐกิจ : สร้างรายได้เสริมให้เกษตรกรหรือ อาจเกี่ยวเนื่องไปสู่ภาคี
ความก้าวหน้าทางวิชาการด้านเทคโนโลยีเอ็นโซมส์	ด้านการศึกษา : ก่อให้เกิดการนำองค์ความรู้ไปใช้ ต่อในด้านการจัดการเรียนการสอนหรือการวิจัยต่อ ยอด
ส่วนของสับปะรดถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ 100%	ด้านสิ่งแวดล้อม : Zero Waste

## 10. งบประมาณ

รายละเอียด	งบประมาณ (บาท)
<b>1. งบบุคลากร</b>	
-	-
<b>2. งบดำเนินงาน</b>	<b>370,000</b>
<b>2.1 ค่าตอบแทน</b>	<b>98,400</b>
- ค่าตอบแทนนักวิจัย	48,000
- ค่าตอบแทนวิทยากรบรรยายในกิจกรรมจัดการความรู้และ PLC 60 ชั่วโมงๆละ 600 บาท	36,000
- ค่าตอบแทนวิทยากรกิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี 24 ชั่วโมงๆละ 600 บาท	14,400
<b>2.2 ค่าใช้สอย</b>	<b>60,800</b>
- ค่าเช่าห้องประชุมของโรงเรียน/สถานที่ราชการในพื้นที่ 4 ครั้งๆละ 3,000 บาท	12,000
- เบี้ยเลี้ยงไปราชการ 10 ครั้งๆละ 240 บาท จำนวน 3 คน	7,200
- ค่าอาหารกลางวัน 1 มื้อ+อาหารว่าง 2 มื้อ คนละ 200 บาท จำนวน 100 คน สำหรับ กิจกรรมจัดการความรู้/ถ่ายทอดเทคโนโลยี	20,000

รายละเอียด	งบประมาณ (บาท)
- ค่ายานพาหนะส่วนตัวเหมาจ่ายกิโลเมตรละ 4 บาท เดินทางไปกลับครั้งละ 120 กิโลเมตร เพื่อเก็บรวบรวมตัวอย่างและติดต่อประสานงาน เป็นจำนวน 20 ครั้ง (4x120x20)	9,600
- ค่าจัดทำโปสเตอร์ 4 ผืนๆละ 1 ตารางเมตรๆละ 750 บาท (4x1x750)	3,000
- ค่าจัดทำรายงานความก้าวหน้าจำนวน 8 เล่มๆละ 110 บาท (8x110)	880
- ค่าจัดทำร่างรายงานฉบับสมบูรณ์จำนวน 8 เล่มๆละ 150 บาท (8x150)	1,200
- ค่าจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์จำนวน 4 เล่มๆละ 230 บาท (8x230)	920
- ค่าจ้างกำจัดสารเคมีจากห้องปฏิบัติการเหมาจ่ายจำนวน 2 ครั้งๆละ 3,000 บาท	6,000
<b>2.3 ค่าวัสดุ</b>	<b>210,800</b>
- วัสดุสำนักงาน หมึก Brother TN-1000 จำนวน 2 กล่องๆละ 2,500 บาท	5,000
- วัสดุสำนักงาน กระดาษ A4 กล่องละ 500 บาท จำนวน 2 กล่อง	1,000
- สาร เอนไซม์ assay protease test kit จำนวน 10 ขวดๆละ 4,180 บาท	41,800
- สาร Buffer pH=6, 7, 8 และ 10 อย่างละ 2 ขวดรวม 8 ขวดๆละ 500 บาท	4,000
- สาร Protease Inhibitor มาตรฐาน จำนวน 3 ขวดๆละ 4,800 บาท	14,400
- สาร Ethanol จำนวน 100 ลิตรๆละ 200 บาท	20,000
- สาร 3,5-Dinitrosalicylic acid จำนวน 1 ขวดๆละ 2,300 บาท	2,300
- สาร Tyrosine มาตรฐาน จำนวน 1 ขวดๆละ 4,400 บาท	4,400
- สาร Tris-HCL จำนวน 2 ขวดๆละ 1,800 บาท	3,600
- สาร NaCl จำนวน 1 ขวดๆละ 250 บาท	250
- สาร กรด TCA จำนวน 1 ขวดๆละ 1,450 บาท	1,450
- สาร Sodium Phosphate จำนวน 1 ขวดๆละ 1,450 บาท	1,450
- สาร Potassium Chloride จำนวน 2 ขวดๆละ 850 บาท	850
- สาร Ammonium Sulphate จำนวน 12 ขวดๆละ 800 บาท	9,600
- สาร NaOH จำนวน 1 ขวดๆละ 450 บาท	450
- สารละลายโปรตีน SDS-PAGE ขนาด 5-100 kDa จำนวน 1 หลอดๆละ 12,000 บาท	12,000
- วัสดุสิ้นเปลือง 300 กกๆละ 15 บาท	4,500
- หลอดเก็บสารขนาด 1-2 ml พลาสติกจำนวน 1,000 ชิ้นๆละ 5 บาท	5,000
- หลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 25 และ 50 ml พลาสติกจำนวนอย่างละ 500 ชิ้นรวม 1,000 ชิ้นๆละ 6 บาท (1,000x5)	6,000
- หลอดทดลองแก้วขนาด 10 ml แก้วจำนวน 200 หลอดๆละ 12 บาท	2,400

รายละเอียด	งบประมาณ (บาท)
- Micro plate 96 well พลาสติกชนิดมีฝาปิด 200 ใบๆละ 75 บาท	15,000
- เครื่องแก้ว Beaker ขนาด 50, 100, 250, 500 และ 1,000 mL จำนวนอย่างละ 12 ใบรวม 60 ใบๆละ 150 บาท (60x150)	9,000
- กระบอกตวงขนาด 100, 500 และ 1,000 mL จำนวนอย่างละ 4 ใบรวม 12 ใบๆละ 250 บาท (12x250)	3,000
- Pipette ขนาด 5, 10 และ 25 mL พลาสติกอย่างละ 150 อันๆละ 12 บาท	1,800
- กระดาษกรองเบอร์ 0 และ 4 อย่างละ 10 ก่องรวม 20 ก่องๆละ 250 บาท	5,000
- ทิปพลาสติกดูดจ่ายสารละลายขนาด 100, 1,000 และ 10,000 ไมโครลิตรคละไซร์ จำนวน 2,000 ชิ้นๆละ 2 บาท	4,000
- แอมฟิวแก้วเก็บตัวอย่างเยือกแข็งจำนวน 500 ชิ้นๆละ 20 บาท	10,000
- ขวดแก้วเก็บสารทึบแสงขนาด 100 ml จำนวน 100 ใบๆละ 40 บาท	4,000
- ถังพลาสติกซีปล็อกเก็บตัวอย่างใบละ 15 บาทจำนวน 300 ใบ	4,500
- จุกยางท่อข้อต่อเครื่องทำแห้งเยือกแข็ง จำนวน 20 อันๆละ 50 บาท	1,000
- ก่องสุญญากาศเก็บชิ้นงานแห้งเยือกแข็งจำนวน 100 ใบๆละ 37 บาท	3,700
- แคมป์ซูลเจลาตินบรรจุภัณฑ์จำนวน 1,000 ชิ้นๆละ 2 บาท	2,000
- กระดาษชำระ จำนวน 65 ม้วนๆละ 10 บาท	650
- ถังขยะ จำนวน 100 ใบๆละ 15 บาท	1,500
- น้ำ DI water Type 2 จำนวน 200 ลิตรๆละ 20 บาท	4,000
- น้ำแข็ง จำนวน 150 กกๆละ 8 บาท	1,200
<b>รวม</b>	<b>370,000</b>

11. คำสำคัญ : Bromelain / Enzyme / Freeze dry / Multilateral / Pineapple

โบรมิเลน / เอนไซม์ / การทำแห้งเยือกแข็ง / พหุภาคี / สับปะรด

## 12. บรรณานุกรม

- กาญจนาพร นนทะลุน, และ อภัสสร ศิริจริยวัตร. (2561). ผลของชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่มีต่อความนุ่มเนื้อ. **แก่นเกษตร, 46 (พิเศษ1)**, 100-105.
- ดวงพร ภูษะกา. (2559). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านวิทยาศาสตร์สู่การเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้มาตรฐาน : กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 8 (1), 116-145.
- ปิยาภรณ์ วังศิริกุล, นิษา ไพจิตร, เทวัญ หยุ่หนู, และ กนกพร สังข์รักษ์. (2556). การสกัดพอลิไฮดรอกซีบีวทิเรตจากเชื้อ *Alcaligenes eutrophus* ด้วยโบรมิเลนจากน้ำสับปะรด. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 16 (3)**, 185-192.
- พิลาณี ไวถนอมสัจย์. (ม.ป.ป.). การพัฒนาการใช้ประโยชน์ใบและหางสับปะรดอย่างครบวงจรและประเมินมูลค่าและความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วราพันธ์ จินตณวิชญ, อุทัย คันโช, สุกัญญา จัตตพรพงษ์, และ ปุณชริกา ทะรินสุต. (ม.ป.ป.). การศึกษาปริมาณเอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในกากกล้วยเหลือง.
- สุทธิวัลย์ สีทา. (2561). สารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้าในประเทศไทย. ค้นเมื่อกันยายน, 2561, จาก <https://www.trf.or.th/2013-11-29-07-37-10/thaifruits/58-rdg5120085>
- อารี ฤทธิบุรณ์. (2554). รายงานการวิจัยเรื่องการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากลำต้นของสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำผงหมักเนื้อนุ่ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Babagana, K. & Bala, M. (2015). Comparative study on the extraction and purification the stem and fruit bromelain from pineapple (*Ananus comosus*). **Journal of Natural Sciences Research, 5 (18)**, 30-34.
- Devakate, R.V., Patil, V.V., Waje, S. & Thorat, B. (2009). Purification and drying of bromelain. **Separation and Purification Technology, 64**, 259-264.
- Rombach, D. & Achatz, R.E. (2007). Research collaborations between academia and industry. **Future of Software Engineering, 29-36**.
- <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bromelain-market/request>  
<https://medikderma.com>

### 13. ภาคผนวก : ประวัติของนักวิจัยที่เข้าร่วมโครงการ

#### 13.1 หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. ครองศักดิ์ ภัคธนนก (หัวหน้าโครงการ)  
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Kongsakda Phakthanakanok  
หมายเลขประจำตัวประชาชน 3709800134971
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
หมู่บ้านจอมบึง 46 หมู่ 3 ต.จอมบึง อ.จอมบึง จ.ราชบุรี 70150 โทรศัพท์ 0-3226-1790-7  
โทรสาร 0-3226-1078  
email : kongsakda@gmail.com
4. ประวัติการศึกษา  
(2552) ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวเคมี) ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
(2546) วท.ม. (เทคโนโลยีชีวเคมี) ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
(2544) วท.บ. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) ม.หอการค้าไทย
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
  - Enzyme technology for food industry
  - Natural product from plant
  - Molecular Modelling
6. ผลงานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว (ย้อนหลัง 5 ปี)
  - ครองศักดิ์ ภัคธนนก, รพีพรรณ กองตุม, ลักษมี หมื่นศรีธาราม และ พัชรพร จอมเมืองบุตร. 2561. การใช้ประโยชน์จากเอนไซม์โปรติเอสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดอะพลาทอกซิน จากวัตถุดิบอาหารโปรตีนสูง. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2561 ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ. สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์. หน้า 1594-1600.
  - ครองศักดิ์ ภัคธนนก, รพีพรรณ กองตุม, อภินพ จิตใจงาม และ พัชรพร ภูวดลไพศาล. 2561. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและคุณลักษณะบางประการของเอนไซม์โปรติเอสที่ผลิตได้จาก พด.7. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 6. หน้า 387-394.
  - ครองศักดิ์ ภัคธนนก. คุณลักษณะและการประยุกต์ใช้ไฟโตซีสเทตินที่เป็นสารยับยั้งเอนไซม์โปรติเอส. 2560. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัยครั้งที่ 5. หน้า 335-341.

- อนุพรภักดิ์ อินทร์ศิริพงษ์, ครองศักดิ์ ภัคธนนก, รพีพรรณ กองตุม และ เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์. 2559. ระบบต้นแบบการผลิตน้ำเชื่อมเข้มข้นจากอ้อย. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 11. หน้า 319-328.
- ครองศักดิ์ ภัคธนนก. การศึกษาลักษณะโปรตีนของพืชบริโภคในชุมชนไทยกะเหรี่ยงสวนผึ้ง. 2016. The fourth Higher Education Research Promotion Congress (HERP CONGRESS IV). Ubonratchathani. Thailand.
- Kongsakda Phakthanakanok. 2015. Partial Characterization of Protein Derived from *Moringa Oleifera* Leaf. The 10<sup>th</sup> Sripatum University Conference. Research and Innovations for Sustainable Development. Bangkok. pp. 1118-1125.
- อนุพรภักดิ์ อินทร์ศิริพงษ์, ครองศักดิ์ ภัคธนนก และเจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์. 2557. เครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้แบบกึ่งอัตโนมัติ. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบผลงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. หน้า 397-401.
- ครองศักดิ์ ภัคธนนก. 2557. Evaluation of Protease Activity in Enzyme Food Supplements Produced from Pineapple. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อสร้างแรงบันดาลใจสู่นวัตกรรม ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. หน้า 120-124.

#### รางวัลที่เคยได้รับ

1. รางวัลผลงานวิจัยดีเด่นประเภทบรรยาย หัวข้อวิจัย Evaluation of Protease Activity in Enzyme Food Supplements Produced from Pineapple. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อสร้างแรงบันดาลใจสู่นวัตกรรม ครั้งที่ 1 วันที่ 5-6 กันยายน 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
2. รางวัลนักวิจัยรุ่นใหม่ดีเด่น ประจำปี 2560 มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง รัววันที่ 1 มีนาคม 2560

14. ข้อเสนอโครงการวิจัยหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของข้อเสนอโครงการวิจัยนี้ (เลือกได้เพียง 1 ข้อ)

- ไม่ได้นำเสนอต่อแหล่งทุนอื่น  
 เสนอต่อแหล่งทุนอื่น (ระบุชื่อแหล่งทุนทุกแหล่ง)



(ลงชื่อ) .....

(...ครองศักดิ์ ภัคธนนก...)

ตำแหน่ง.หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ .1..เดือน..พฤศจิกายน. พ.ศ. ..2561.

(ลงชื่อ) .....

(.....)

ผู้ร่วมวิจัย

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. ....

(ลงชื่อ) .....

(.....)

ผู้ร่วมวิจัย

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. ....

เพิ่มเติม โครงการเอนไซม์สับปะรด

1. พื้นที่เป้าหมาย : หมู่ 11 ต.บ้านบึง อ.บ้านคา จ.ราชบุรี

2. กลุ่มร่วม : เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดหรือกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสับปะรดในหมู่ที่ 11 จำนวน 50  
ครัวเรือน ผู้นำกลุ่มโดยคุณเดช บ้านเลขที่ 95

มีส่วนร่วม : In kind วัสดุดิบ, ออกงาน Road show หรือแสดงสินค้า, ตัวแทนฝ่ายเกษตรกรในการประชุม  
ระดมสมองภาคีเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์

3. เป้าหมายของโครงการ : กระจายรายได้ในห่วงโซ่คุณค่า, เพิ่มรายได้ให้กลุ่มแปรรูป, สร้างผลิตภัณฑ์มูลค่า  
สูง, Zero Waste