

# การสกัดกัมเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica* L.) ด้วยไมโครเวฟ และการใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี

## Extraction of Tamarind Seed (*Tamarindus indica* L.) Gum by Microwave and Its Application in Strawberry Jam

วารางคณา สมพงษ์\*, ภาสกร ธีระศิลป์วิสกูล และคณิน ศรีสาติกุลรัตน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Warangkana Sompongse\*, Passakorn Teerasilvesakul and Kanin Seesaleekularat

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

### บทคัดย่อ

มะขาม (*Tamarindus indica* L.) เป็นพืชที่นิยมปลูกและรับประทานในประเทศไทย สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ ซึ่งจะได้เมล็ดเป็นของเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ในประเทศไทยยังไม่มีมีการนำมาใช้ประโยชน์เท่าที่ควร งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษากการใช้ไมโครเวฟในการสกัดกัมจากเมล็ดมะขาม และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี เริ่มจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟ โดยแปรกำลังแมกนีตรอน 2 ระดับ ได้แก่ 480 และ 640 วัตต์ และแปรระยะเวลาในการสกัด 2 ระดับ ได้แก่ 4 และ 6 นาที คำนวณปริมาณผลผลิต วัตต์ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและค่าความสามารถในการละลายน้ำของกัม พบว่ากำลังแมกนีตรอน ระยะเวลาในการสกัด และปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสองมีผลต่อทุกค่าที่ทำการวิเคราะห์ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การใช้กำลังแมกนีตรอน 640 วัตต์ นาน 4 นาที ให้ปริมาณผลผลิตและค่าสี ( $L^*$ ) สูงที่สุด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด ( $p \leq 0.05$ ) จึงใช้สภาวะนี้ในการศึกษาผลของ pH 3 ระดับ ได้แก่ 3, 5 และ 7 อุณหภูมิ 4 ระดับ ได้แก่ 35, 50, 65 และ 80 °C และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่ 40, 45 และ 50 องศาบริกซ์ ต่อการเกิดเจลของกัมจากเมล็ดมะขาม วัตต์ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) และเวลาในการไหลของเจลจากกัมเมล็ดมะขาม พบว่าที่ pH 3 ให้เจลที่มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มากที่สุด ( $p \leq 0.05$ ) เจลที่ละลายที่อุณหภูมิ 80 °C และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 45 องศาบริกซ์ มีเวลาในการไหลมากที่สุด จึงเลือกใช้เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลในการผลิตผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี โดยแปรอัตราส่วนระหว่างเพคตินต่อกัมเมล็ดมะขาม 4 ระดับ ได้แก่ 2:0, 1.5:0.5, 1:1 และ 0.75:1.25 โดยน้ำหนัก สตรอว์เบอร์รีตีปั่น วัตต์ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ระยะทางในการไหล ความสามารถในการแผ่ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความสามารถในการ

แผ่น กลิ่นรส รสชาติ การเกาะตัว และความชอบโดยรวม พบว่าเยลลี่ที่ใช้อัตราส่วนเพคตินต่อกัมเท่ากับ 1.5:0.5 มีระยะทางในการไหล ความสามารถในการแผ่ และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส รสชาติ การเกาะตัว และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากเยลลี่สูตรมาตรฐาน (2:0) อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

**คำสำคัญ :** เมล็ดมะขาม; ทามารินด์กัม; พอลิโอส; การสกัดด้วยไมโครเวฟ; เยลลี่สูตรออร์แกนิก

## Abstract

Tamarind (*Tamarindus indica* L.) is widely cultivated plant with high consumption in Thailand. It is used as raw material in many varieties of products. The utilization of tamarind seeds is limited. The objective of this research was to study the effect of the microwaves-assisted extraction (MAE) on the properties of tamarind seed gum and its application in strawberry jam. The extracted tamarind gum with magnetron power (480 and 640 W), and extraction times (4 and 6 minutes) were prepared. The gum properties were measured by % yields and color values (CIE L\* a\* b\*), a proximate analysis, water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI). It was found that the magnetron power, extraction time and the interaction between two factors affected all parameters ( $p < 0.05$ ). The MAE at magnetron power 640 W for 4 minutes showed the highest % yield, L\* value, carbohydrate content and WAI ( $p \leq 0.05$ ). Therefore, this extraction condition was chosen for further study. The optimum gelation condition of gum was studied by varying pH (3, 5 and 7), temperature (35, 50, 65 and 80 °C), and total soluble solid (40, 45 and 50 °Brix). The gel properties were measured by color values (CIE L\* a\* b\*) and flowing time of gum. The gel condition at pH 3 had the highest in L\* value ( $p < 0.05$ ) and had the most flowing time when dissolved at 80 °C with total soluble solid of 45 °Brix. This optimized condition was used to produce strawberry jam with 4 ratio of pectin to gum: 2:0, 1.5:0.5, 1:1 and 0.75:1.25 by weight of strawberry puree. The physical properties of jam were determined by color values (CIE L\* a\* b\*), flowing distance and spreadability. Sensory evaluation was performed by 9-point hedonic scale in appearance, color, spreadability, flavor, taste, cohesiveness and overall liking attributes. The results showed that the strawberry jam at ratio of 1.5:0.5 was not significantly difference ( $p > 0.05$ ) in flowing distance, spreadability and sensory scores in flavor, taste cohesiveness and overall liking from the standard jam formula (2:0).

**Keywords:** tamarind seed; tamarind gum; polyose; microwave extraction; strawberry jam

## 1. บทนำ

มะขาม (*Tamarindus indica* L.) เป็นพืชใบ

เลี้ยงคู่ อยู่ในวงศ์ Fabaceae (Leguminosae) เจริญเติบโตในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 50 ประเทศ ทั่วโลก

โดยเฉพาะในเอเชีย เช่น อินเดีย บังคลาเทศ ศรีลังกา ไทย และอินโดนีเซีย [1] ฝักมะขามมีลักษณะเป็นฝักสีน้ำตาล หนึ่งฝักประกอบด้วยเมล็ด 1-12 เมล็ด ซึ่งมีลักษณะแข็ง แบน มันวาว มีสีแดงหรือสีม่วงอมน้ำตาล แต่ละเมล็ดจะล้อมรอบด้วยเยื่อเหนียวคล้ายกับเยื่อหุ้มถั่วเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อมะขาม [2]

เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) (ร้อยละ 20-30) และเนื้อเมล็ด (ร้อยละ 70-80) เมล็ดมะขามเป็นแหล่งสำคัญของโปรตีน ไขมัน กรดอะมิโนที่จำเป็น และคาร์โบไฮเดรต [3] เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าร้อยละ 65 โปรตีนร้อยละ 15-21 โดยประมาณ และไขมันร้อยละ 3-8 โดยประมาณ รวมถึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ

กัมเมล็ดมะขามหรือทามารินด์กัม (tamarind gum) สกัดได้จากเมล็ดมะขามในส่วนของเอนโดสเปิร์ม โครงสร้างเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทไซโลกลูแคน ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาล 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไซโลส และน้ำตาลกาแลกโทสต่อกันเป็นสายโซ่ยาว มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 720,000-880,000 ดาลตัน [4] โครงสร้างสายหลักของกัมเมล็ดมะขามนั้นประกอบด้วย (1→4)-β-D-glucan ต่อกันเป็นสายหลัก

ในอุตสาหกรรม ผงกัมที่สกัดจากเมล็ดมะขาม เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า jellose หรือ polyose สามารถละลายน้ำได้ดี ทนทานต่อสภาวะที่เป็นกรดต่างได้ดี และเกิดเจลได้ โดยสามารถเกิดเจลได้ในระบบที่มีน้ำตาล ซึ่งเป็นสมบัติและลักษณะที่คล้ายกับเพกทินจากผลไม้ จึงนำมาใช้ในการสร้างเจลที่คล้ายกับเพกทินในผลิตภัณฑ์ได้ เช่น แยม เยลลี่ มามาเลตแต่สิ่งที่แตกต่างจากเพกทินที่ได้จากผลไม้ คือ เจลของกัมเมล็ดมะขามอยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง จึงมีการนำไป

ประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น กัมเมล็ดมะขามได้รับอนุญาตให้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เช่น ทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) สารให้ความข้นหนืด และสารที่ทำให้เกิดเจลในอุตสาหกรรมอาหาร กัมเมล็ดมะขามจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับกัมชนิดอื่น เช่น กัวร์กัม และแอลจินेट [5]

วิธีการสกัดสารจากพืชวิธีการหนึ่งที่มีความสนใจในปัจจุบัน คือ วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction, MAE) เป็นการใช้น้ำไมโครเวฟช่วยในการสกัด ร่วมกับตัวทำละลายหลักการ คือ อาศัยการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟไปยังเซลล์พืช โดยทำให้โมเลกุลของน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในเซลล์พืชสั่นสะเทือน เกิดแรงดันขึ้นภายในเซลล์ทำให้เซลล์แตก และปล่อยสารสำคัญที่อยู่ภายในออกมาผสมกับตัวทำละลายที่ใช้สกัด ข้อดีของวิธีนี้ คือ ใช้เวลาในการสกัดสั้น ไม่เปลืองตัวทำละลาย ช่วยป้องกันการสลายตัวขององค์ประกอบสำคัญที่สกัดได้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้น และช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของสารสกัดที่ได้ [6]

ปัจจุบันมีการนำ MAE มาใช้ในการสกัดสารสำคัญจากพืชหลายชนิด เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการสกัดแบบทั่วไปในหลายด้าน จึงสนใจในการนำ MAE ไปประยุกต์ใช้ในการสกัดกัมจากเมล็ดมะขาม ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจำนวนมากที่ยังไม่มีผู้สนใจศึกษาและนำมาใช้ประโยชน์มากนัก [7] เพื่อลดการนำเข้ากัมจากต่างประเทศและเพิ่มมูลค่าเมล็ดมะขาม

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟ โดยการแปรกำลังแมกนิตรอนและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติในการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์ว์เบอร์รี่

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟ

#### 2.1.1 การเตรียมเมล็ดมะขาม

นำเมล็ดมะขามมาล้างด้วยน้ำ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออก แล้วนำไปอบในตู้อบแห้งแบบภาคอุณหภูมิ 60 °C นาน 9 ชั่วโมง แล้วนำไปบรรจุสุญญากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 °C จนกว่าจะนำมาใช้

การเตรียมแป้งเมล็ดมะขามเพื่อใช้สกัดกัม โดยนำเมล็ดมะขามไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 80 °C ในอัตราส่วนเมล็ดมะขามต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำเมล็ดมะขามที่ต้มแล้ว มาล้างเอาเยื่อที่ติดมาออก และนำไปให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 800 วัตต์ (LG, MS2342D, Thailand) ที่กำลังแมกนีตรอน 800 วัตต์ นาน 5 นาที เพื่อให้เปลือกของเมล็ดมะขามแตกออก นำเมล็ดมะขามมาแกะเอาเปลือก เพื่อแยกเอาเฉพาะเนื้อภายใน นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดยา แล้วร่อนเอาเฉพาะขนาดที่มากกว่า 20 mesh ด้วยเครื่องร่อนแยกขนาด จะได้ผงเนื้อเมล็ดมะขาม

#### 2.1.2 การสกัดกัมเมล็ดมะขาม

นำผงเนื้อเมล็ดมะขาม 25 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วทนความร้อน ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนัก คนให้กระจายตัว แล้วนำไปให้ความร้อนในไมโครเวฟ โดยแปรกำลังแมกนีตรอน 2 ระดับ ได้แก่ 480 และ 640 วัตต์ แปรระยะเวลาในการสกัด 2 ระดับ ได้แก่ 4 และ 6 นาที นำมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนใสด้านบนไปตกตะกอนด้วย เอทานอล 95 % ในอัตราส่วน 1:2 ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วจึงกรองผ่านผ้ากรองไฟเบอร์ด้วยเครื่องกรองความดันสุญญากาศ นำกัมที่ติดบนผ้ากรองไปอบในไมโครเวฟที่กำลังแมกนีตรอน 480 วัตต์ นาน

8 นาที จนกัมแห้ง นำไปบด แล้วชั่งน้ำหนัก บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ รอการวิเคราะห์ต่อไป

#### 2.1.3 การวัดคุณภาพ โดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพต่อไปนี้

2.1.3.1 ปริมาณผลผลิตกัมที่สกัดได้ (% yield) โดยชั่งน้ำหนักกัมที่ถูกทำแห้งและคำนวณปริมาณผลผลิตในการสกัดกัมเมล็ดมะขาม [8]

2.1.3.2 ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) โดยเครื่องวัดสี (HunterLab รุ่น ColorFlex CX2687, USA) ใช้ D65 illuminant เป็นแหล่งกำเนิดแสง และวัดด้วยค่ามุม 10° รายงานค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ )

2.1.3.3 องค์ประกอบทางเคมีของกัมเมล็ดมะขาม โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย ถ้าวตามวิธีการของ AOAC [9] และปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ

2.1.3.4 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption index, WAI) [7]

2.1.3.5 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility index, WSI) [7]

### 2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติในการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม

นำกัมมะขามที่สกัดด้วยสภาวะที่ได้รับการคัดเลือกในการทดลองที่ 2.1 มาละลายในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก นำไปศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลที่ละลาย ดังนี้

2.2.1 ผลของ pH โดยละลายกัมด้วยอุณหภูมิ 70 °C ทำการกวนเป็นเวลา 30 นาที แล้วปรับ pH ของสารละลาย 3 ระดับ ได้แก่ 3, 5 และ 7

2.2.2 ผลของอุณหภูมิ โดยละลายกัมที่อุณหภูมิ 4 ระดับ ได้แก่ 35, 50, 65 และ 80 °C ทำการกวนเป็นเวลา 30 นาที

2.2.3 ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยละลายกัมที่อุณหภูมิและปรับ pH ตามที่ได้รับการคัดเลือกจากการทดลองในข้อ 2.2.2 และ 2.2.1 ตามลำดับ แปรปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่ 40, 45 และ 50 องศาบริกซ์ โดยการเติมน้ำตาลทราย

2.2.4 การวัดคุณภาพ โดยการวัดค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ตามวิธีการในข้อ 2.1.3.2 และเวลาในการไหลของกัม โดยใช้ bostwick consistometer (รุ่น V.M.R., USA) อ่านค่าเวลาในหน่วยวินาทีที่สารละลายกัม ใช้ในการไหลในระยะทาง 24 เซนติเมตร

### 2.3 การศึกษาอัตราส่วนของกัมเมล็ดมะขามกับเพกตินที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่

การผลิตแยมสตอร์วเบอร์รี่ เริ่มจากล้างสตอร์วเบอร์รี่ให้สะอาด เด็ดขั้วออก นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปปั่นละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น ซึ่งน้ำหนักที่ได้ จากนั้นเติมน้ำลงไปด้วยอัตราส่วน 1:1 นำไปต้มจนเดือด แล้วทำการคำนวณปริมาณน้ำตาลที่ต้องใช้ ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ให้ได้ตามที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 2.1 โดยวิธี Pearson square แบ่งน้ำตาลที่ต้องใช้เป็น 2 ส่วน โดยนำน้ำตาล 1/3 ของทั้งหมดผสมกับส่วนผสมของเพกตินต่อกัมเมล็ดมะขาม โดยแปรอัตราส่วนเป็น 2:0, 1.5:0.5, 1:1, 0.75:1.25 โดยน้ำหนักสตอร์วเบอร์รี่ตีปั่น เคี้ยวจนกระทั่งละลายหมด จากนั้นค่อย ๆ เติมน้ำตาลอีก 2/3 ลงไป ปรับ pH ให้ได้ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.1 ด้วยกรดซิตริก หลังจากนั้นทำการบรรจุลงในขวดที่ลวกด้วยน้ำเดือดแล้ว ปิดฝาให้สนิท คว้าขวดเพื่อฆ่าเชื้อฝา 1 นาที ตั้งขวดขึ้นทำให้เย็น แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นเพื่อให้แยมเกิดเจล อย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์แยมดังนี้

#### 2.3.1 การทดสอบทางกายภาพ

2.3.1.1 ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ตามวิธีการในข้อ 2.1.3.2

2.3.1.2 ระยะทางในการไหล โดยใช้ bostwick consistometer รายงานค่าระยะทางที่แยมไหลไปได้ในระยะเวลา 30 นาที

2.3.1.3 ค่าความสามารถในการแผ่ (spreadability) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส [Stable Micro System รุ่น TA-XT2i หัววัด 45 °C Conical probe Perspex (P/45C), UK] pre-test speed 1 mm/s, test speed 2 mm/s, post-test speed 10 mm/s, distance 20 mm และ trigger force 5 g อ่านค่าพื้นที่ใต้กราฟเป็นค่าความสามารถในการแผ่ มีหน่วยเป็น g.sec

#### 2.3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี ความสามารถในการแผ่ การเกาะตัว กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมของแยม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยรับประทานร่วมกับขนมปัง การทดสอบทำที่อุณหภูมิห้อง

### 2.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองที่ 2.1 แบบ factorial 2x2 in completely randomized design (CRD) การทดลองที่ 2.2 และ 2.3 วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้วิธี analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

## 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

### 3.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟ

3.1.1 ปริมาณผลผลิตกัมที่สกัดได้ (% yield)

เมื่อพิจารณาด้านปริมาณผลผลิตพบว่าทั้งกำลังแมกนีตรอน ระยะเวลา และปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ , ตารางที่ 1) โดยพบว่าปริมาณผลผลิตของกัมที่สกัดได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มกำลังแมกนีตรอนและระยะเวลามากขึ้น จนถึงสภาวะที่กำลังแมกนีตรอน 640 วัตต์ และใช้เวลาการสกัด 4 นาที ให้ปริมาณผลผลิตของกัมจากเมล็ดมะขามสูงที่สุด หลังจากนั้น ที่กำลังแมกนีตรอนเดียวกัน เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น กลับทำให้ปริมาณผลผลิตมีค่าลดลง

ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง และใช้เวลานานเกินไป อาจส่งผลให้เกิดการสลายตัวของกัม จึงทำให้มีปริมาณผลผลิตน้อยลง [10]

### 3.1.2 ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ )

กำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อค่าสีอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ไมโครเวฟที่ 640 วัตต์ 4 นาที ทำให้กัมมีค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) สูงที่สุด และแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ , ตารางที่ 1)

### 3.1.3 องค์ประกอบทางเคมี

กำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณ

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตและค่าสีของกัมที่สกัดด้วยกำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดที่ต่างกัน

Magnetron power (W)	เวลา (นาที)	ร้อยละผลผลิต (% yield)	ค่าสี		
			$L^*$	$a^*$	$b^*$
480	4	4.98±1.08 <sup>d</sup>	43.17±0.05 <sup>d</sup>	8.65±0.01 <sup>b</sup>	20.13±0.04 <sup>b</sup>
	6	6.79±0.80 <sup>c</sup>	50.69±0.01 <sup>b</sup>	6.76±0.06 <sup>d</sup>	18.53±0.04 <sup>c</sup>
640	4	8.20±1.14 <sup>a</sup>	52.36±0.06 <sup>a</sup>	8.72±0.02 <sup>a</sup>	22.19±0.05 <sup>a</sup>
	6	6.83±0.57 <sup>b</sup>	45.39±0.06 <sup>c</sup>	6.86±0.03 <sup>c</sup>	16.13±0.02 <sup>d</sup>

แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

<sup>a,b,c,d</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกัมที่กำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดที่ต่างกัน

Magnetron power (W)	เวลา (นาที)	ร้อยละ (% โดยน้ำหนักสด)				
		ความชื้น	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
480	4	15.57±0.17 <sup>b</sup>	0.76±0.03 <sup>c</sup>	9.41±0.14 <sup>c</sup>	3.85±0.11 <sup>b</sup>	70.40±0.24 <sup>c</sup>
	6	16.18±0.15 <sup>a</sup>	1.27±0.14 <sup>b</sup>	9.95±0.16 <sup>b</sup>	3.76±0.12 <sup>b</sup>	68.84±0.31 <sup>d</sup>
640	4	10.79±0.10 <sup>c</sup>	1.71±0.09 <sup>a</sup>	11.33±0.17 <sup>a</sup>	3.50±0.07 <sup>c</sup>	72.70±0.14 <sup>a</sup>
	6	9.87±0.07 <sup>d</sup>	1.25±0.15 <sup>b</sup>	11.06±0.22 <sup>a</sup>	5.44±0.05 <sup>a</sup>	72.38±0.22 <sup>b</sup>

แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

<sup>a,b,c,d</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มกำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัด ซึ่งที่ กำลังแมกนีตรอน 640 วัตต์ เวลา 4 นาที มีองค์ประกอบเหล่านี้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , ตารางที่ 2)

3.1.4 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI)

กำลังแมกนีตรอน ระยะเวลาในการสกัด และปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสองยังมีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) (ตารางที่ 3) โดยพบว่าการเพิ่มกำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดทำให้ค่าเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากกำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถสกัดสาร xyloglucan ออกมาได้มากขึ้น ซึ่งสารกลุ่มนี้จะมีหมู่ OH เป็นจำนวนมาก [4] น้ำจะเข้ามาทำปฏิกิริยากับหมู่นี้ ทำให้เกิดการละลาย ส่งผลให้กัมมีค่า WSI และ WAI เพิ่มสูงขึ้น โดยที่กำลังแมกนีตรอน 640 วัตต์ เวลา 4 นาที ให้ค่า WAI สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) และให้ค่า WSI สูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากการสกัดที่สภาวะ 640 วัตต์ 6 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ดังนั้น จากการพิจารณาร้อยละปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ค่า WAI และ WSI การสกัดกัมจากเมล็ดมะขามที่กำลังแมกนีตรอน

640 วัตต์ ใช้ระยะเวลา 4 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

### 3.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติในการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม

#### 3.2.1 ผลของค่า pH

การศึกษาผลของค่า pH ต่อการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม โดยละลายกัมด้วยอุณหภูมิ 70 °C (ตารางที่ 4) พบว่าเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เจลจากกัมเมล็ดมะขาม มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้น ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ลดลง และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้นโดยที่ pH 3 ให้เจลที่มีความสว่างและค่าสีเหลืองมากที่สุด ( $p \leq 0.05$ ) ค่าสีแดงน้อยที่สุด นอกจากนี้ พบว่า pH ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเวลาในการไหลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งหมายถึงสารละลายกัมมีความหนืดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าเจลของกัมเมล็ดมะขามอยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง [5] ซึ่งแตกต่างจากเจลของเพกทินที่เกิดเจลในสภาวะที่เป็นกรด จึงเลือก pH 3 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม เนื่องจากการทำให้เกิดเจลที่มีความสว่างและค่าสีเหลืองสูงที่สุด

#### 3.2.2 ผลของอุณหภูมิ

การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการละลายกัม พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะได้เจลที่ใช้เวลาในการไหลมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่

ตารางที่ 3 ค่า WAI และ WSI ของกัมที่กำลังแมกนีตรอนและระยะเวลาในการสกัดที่ต่างกัน

Magnetron power (W)	เวลา (นาที)	Water absorbtion index	Water solubility index
480	4	6.28±0.13 <sup>d</sup>	6.02±0.22 <sup>c</sup>
	6	6.82±0.27 <sup>c</sup>	8.95±0.32 <sup>b</sup>
640	4	8.89±0.45 <sup>a</sup>	9.35±0.10 <sup>a</sup>
	6	8.86±0.12 <sup>b</sup>	9.38±0.14 <sup>a</sup>

แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

a,b,c,d ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4 ผลของ pH อุณหภูมิ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ต่อการเกิดเจลของกัมจากเมล็ดมะขาม

	เวลาในการไหล (s/24cm)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
ผลของ pH				
3	2.29±0.12 <sup>c</sup>	53.38±0.00 <sup>a</sup>	3.52±0.02 <sup>b</sup>	16.66±0.03 <sup>a</sup>
5	2.60±0.04 <sup>b</sup>	48.40±0.02 <sup>b</sup>	3.45±0.02 <sup>b</sup>	13.41±0.06 <sup>b</sup>
7	2.81±0.09 <sup>a</sup>	45.76±0.02 <sup>c</sup>	4.22±0.04 <sup>a</sup>	10.31±0.10 <sup>c</sup>
ผลของอุณหภูมิ (°C)				
35	n.d.	46.21±0.07 <sup>a</sup>	3.85±0.04 <sup>d</sup>	9.08±0.05 <sup>d</sup>
50	1.24±0.11 <sup>c</sup>	46.11±0.04 <sup>b</sup>	4.66±0.01 <sup>c</sup>	9.97±0.04 <sup>c</sup>
65	2.65±0.32 <sup>b</sup>	45.78±0.02 <sup>c</sup>	5.61±0.05 <sup>b</sup>	10.17±0.06 <sup>b</sup>
80	7.43±0.22 <sup>a</sup>	45.01±0.00 <sup>d</sup>	5.83±0.05 <sup>a</sup>	10.52±0.04 <sup>a</sup>
ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)				
40	13.87±0.04 <sup>b</sup>	26.11±0.04 <sup>b</sup>	3.77±0.04 <sup>b</sup>	13.22±0.08 <sup>b</sup>
45	17.83±0.37 <sup>a</sup>	27.21±0.02 <sup>a</sup>	3.86±0.01 <sup>a</sup>	13.37±0.11 <sup>a</sup>
50	17.82±0.20 <sup>a</sup>	23.69±0.04 <sup>c</sup>	3.89±0.05 <sup>a</sup>	12.21±0.12 <sup>c</sup>

แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

<sup>a,b,c,d</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันของแต่ละอิทธิพลของสภาวะการเกิดเจล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

n.d. หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้

อุณหภูมิ 80 °C จะให้เจลที่ใช้เวลาในการไหลมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เป็นเพราะการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ทำให้สามารถละลายกัมในน้ำได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นจึงใช้เวลาในการไหลเพิ่มขึ้น ส่วนผลต่อค่าสี พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เจลมีความสว่าง (L\*) ลดลง ค่าสีแดง (a\*) มากขึ้นเนื่องจากกัมที่สกัดได้มีสีค่อนข้างคล้ำ เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายเจลที่มีสีคล้ำลง จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 80 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลของกัมจากเมล็ดมะขามในการทดลองต่อไป เนื่องจากสามารถละลายกัมได้อย่างสมบูรณ์และมีความหนืดสูงที่สุด

3.2.3 ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

การเพิ่มปริมาณน้ำตาลทั้งหมดให้สูงขึ้นทำให้สารละลายกัมใช้เวลาในการไหลเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากน้ำตาลจะช่วยให้กัมเซตตัวเป็นเจล ทำให้มีความหนืดมากขึ้น [4] ซึ่งจากการทดลองที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 45 และ 50 องศาบริกซ์ให้เจลที่มีความหนืดมากที่สุด และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่ากัมเมล็ดมะขามมีสมบัติคล้ายกับเพกทิน และสามารถเกิดเจลได้ในระบบที่มีน้ำตาล [5] ส่วนในด้านค่าสี พบว่าที่ปริมาณของแข็ง 45 องศาบริกซ์ให้



เจลที่มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่ 50 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) จึงเลือกใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ที่ 45 องศาบริกซ์ เป็นสภาวะที่ใช้ในการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขามในการทดลองต่อไป

ดังนั้นจากการพิจารณาในค่าสี และเวลาในการไหลของสารละลายกัม พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลจากกัมเมล็ดมะขามคือที่ pH 3 อุณหภูมิ 80 °C และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 45 องศาบริกซ์

### 3.3 ผลของอัตราส่วนเพคติน ต่อกัมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่

#### 3.3.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ

การแปรอัตราส่วนของเพคตินต่อกัมในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ พบว่าการใช้ปริมาณกัมเมล็ดมะขามที่เพิ่มขึ้น ทำให้แยมมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้น ค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย (ตารางที่ 5) ผลการวัดระยะทางในการไหลของแยม พบว่าแยมที่มีปริมาณกัมเพิ่มขึ้น เพคตินน้อยลง จะมีระยะทางในการไหลมากขึ้นหรือมีความหนืดลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจาก

เพคตินมีความสามารถในการเกิดเจลในแยมได้ดีกว่ากัมเมล็ดมะขาม ดังนั้นแยมที่มีอัตราส่วนของกัมมาก จึงทำให้การเซตเป็นเจลได้ไม่ดีเท่ากับแยมที่มีอัตราส่วนกัมที่น้อยกว่า ส่วนค่า spreadability จะบ่งบอกถึงค่าแรงที่ใช้ในการทำให้แยมเสียรูปร่าง ซึ่งมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณกัมสอดคล้องกับค่าความหนืดของแยมที่ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณกัมเช่นกัน โดยตัวอย่างสูตร 2:0, 1.5:0.5 และ 0.75:1.25 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 5) และสูตร 0.75:1.25 มีค่า spreadability สูงที่สุด เนื่องจากแยมสูตรนี้มีความหนืดน้อยที่สุด เมื่อทำการวัดค่า spreadability หัววัดจึงเจาะลงไปในระยะทางที่ลึกกว่าแยมในสูตรอื่น ๆ ทำให้แยมเกิดการไหลเข้ามากดทับตรงตำแหน่งของหัววัดเกิดแรงกดที่ทำให้ได้ค่า spreadability ที่วัดได้มากเกินกว่าความเป็นจริง

#### 3.3.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบทั่วไปให้คะแนนตัวอย่างแยมที่ใช้อัตราส่วนเพคตินต่อกัม 1.5:0.5 ไม่แตกต่างจากสูตร 2:0 (สูตรมาตรฐาน) ในทุกด้าน ขณะที่ตัวอย่างสูตร 1:1 และ 0.75:1.25 ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างในด้าน กลิ่นรส รสชาติ การเกาะตัว และความชอบโดยรวมออกจากตัวอย่างสูตร 2:0 และ 1.5:0.5

ตารางที่ 5 ผลการวัดค่าสี ระยะทางในการไหล และความสามารถในการแผ่ของแยมสตอร์วเบอร์รี่ที่มีการแปรอัตราส่วนเพคตินต่อกัมที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน (pectin : gum)	ค่าสี			ระยะทางในการ ไหล (cm/30 m)	Spreadability (g.sec)
	$L^*$	$a^*$	$b^*$		
2:0	18.75±0.02 <sup>d</sup>	32.12±0.03 <sup>b</sup>	19.07±0.11 <sup>b</sup>	2.15±0.41 <sup>c</sup>	311.76±26.67 <sup>a</sup>
1.5:0.5	19.30±0.03 <sup>c</sup>	32.45±0.05 <sup>a</sup>	20.25±0.13 <sup>a</sup>	2.25±0.23 <sup>c</sup>	294.11±9.21 <sup>a</sup>
1:1	25.18±0.04 <sup>b</sup>	29.67±0.04 <sup>d</sup>	18.21±0.21 <sup>c</sup>	3.01±0.34 <sup>b</sup>	236.34±16.76 <sup>b</sup>
0.75:1.25	25.64±0.04 <sup>a</sup>	30.93±0.08 <sup>c</sup>	19.38±0.35 <sup>b</sup>	4.20±0.21 <sup>a</sup>	338.51±13.44 <sup>a</sup>

แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

a,b,c,d ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมสตอร์วเบอร์รี่ที่มีการแปรอัตราส่วนเพคตินต่อกัมที่ต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วน (pectin : gum) โดยน้ำหนักสตอร์วเบอร์รี่ตีปน			
	2:0	1.5:0.5	1:1	0.75:1.25
ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	7.10±1.43	7.13±1.39	6.75±1.32	6.96±1.41
สี <sup>ns</sup>	7.51±1.04	7.46±1.03	7.13±1.01	7.11±1.34
ความสามารถในการแผ่ <sup>ns</sup>	6.75±1.57	6.90±1.29	6.73±1.43	6.48±1.51
กลิ่นรส	7.01±1.33 <sup>a</sup>	7.03±1.26 <sup>a</sup>	6.10±1.68 <sup>b</sup>	5.71±1.66 <sup>b</sup>
รสชาติ	7.06±1.57 <sup>a</sup>	7.03±1.47 <sup>a</sup>	6.00±1.82 <sup>b</sup>	5.78±1.86 <sup>b</sup>
การเกาะตัว	7.01±1.43 <sup>a</sup>	6.90±1.36 <sup>a</sup>	6.40±1.41 <sup>b</sup>	5.91±1.36 <sup>b</sup>
ความชอบโดยรวม	7.25±1.22 <sup>a</sup>	7.18±1.17 <sup>a</sup>	6.30±1.40 <sup>b</sup>	6.71±1.41 <sup>b</sup>

แสดงเป็นคะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

<sup>a,b</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ดังนั้นแยมสตอร์วเบอร์รี่ที่ใช้อัตราส่วนเพคตินต่อกัมสูตร 1.5:0.5 จึงเป็นสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับที่ไม่แตกต่างจากสูตร 2:0 อย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) (ตารางที่ 6)

การพิจารณาค่าสี ระยะทางในการไหล spreadability และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าแยมสูตรที่มีอัตราส่วนเพคตินต่อกัมเท่ากับ 1.5:0.5 มีสมบัติใกล้เคียงกับแยมสูตรมาตรฐาน (2:0) มากที่สุด

#### 4. สรุป

4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟ คือ การใช้กำลังแมกนีตรอน 640 วัตต์ และระยะเวลา 4 นาที

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม คือ ที่ pH 3 อุณหภูมิ 80 °C และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 45 องศาบริกซ์

4.3 อัตราส่วนของเพคตินต่อกัมเมล็ดมะขามที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ คือ 1.5:0.5 โดยน้ำหนักสตอร์วเบอร์รี่ตีปน

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

#### 6. รายการอ้างอิง

- [1] Kumar, C.S. and Bhattacharya, S., 2008, Tamarind Seed: Properties, Processing and Utilization, J. Food Sci. Nutr. 48: 1-20.
- [2] Kaur, P., Sandhu, K.S. and Kaur, J., 2011, Pasting properties of Tamarind (*Tamarind*

- dus indica*) kernel powder in the presence of Xanthan, Carboxymethyl-cellulose and Locust bean gum in comparison to rice and potato flour, *J. Food Sci. Tech.* 50: 809-814.
- [3] Mirhosseini, H. and Amid, B.T., 2012, A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums, *Food Res. Int.* 46: 387-398.
- [4] วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน, 2553, ทามารีนกัมจากเมล็ดมะขาม, ว. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ 20: 173-180.
- [5] Marathe, R.M., Annapure, U.S., Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R., 2002, Gelling behavior of polyose from tamarind kernel polysaccharide, *Food Hydrocolloid.* 16: 423-426.
- [6] นรินนาม, 2552, กระบวนการสกัดสารจากพืชเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, น. *Food Focus Thailand* 4(40): 32-35, แหล่งที่มา : <http://www.tistr-foodprocess.net/Newsletter> \_2009/dec\_09/newsletter\_ th. Htm, 22 มีนาคม 2557.
- [7] หนึ่งฤทัย รงค์ทอง, 2554, อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของแป้งเมล็ดมะขามและไซโลกลูแคน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- [8] Amid, B.T. and Mirhosseini, H., 2012, Optimisation of aqueous extraction of gum from durian (*Durio zibethinus*) seed: A potential, low cost source of hydrocolloid, *J. Food Chem.* 132: 1258-1268.
- [9] AOAC, 2005, Official method of analysis, 16th Ed., Association of Official Chemists, Washington D.C.
- [10] Baiano A., Bevilacqua L., Terracone C., Contò F., Alessandro N. M., 2014, Single and interactive effects of process variables on microwave-assisted and conventional extractions of antioxidants from vegetable solid wastes, *J. Food Eng.* 120: 135-145.