

**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 องค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อทุเรียนบด

ทุเรียนพันธุ์ชะนีเป็นผลไม้ประเภทเนื้อมาก น้ำน้อย ความหนืดสูง จะมีความชื้นอยู่ในปริมาณร้อยละ 65.7 มีสารพวกคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างของเนื้อเนื้อผลไม้ในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น จะมีแป้ง เส้นใย และเพคติน อยู่ในปริมาณร้อยละ 4.8, 4.25 และ 0.85 ตามลำดับ

5.1.2 ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้น

5.1.2.1 ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้น โดยการใช้อเอนไซม์ร่วมกัน 3 ชนิด ภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบต่อเนื่อง

ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นโดยการใช้อเอนไซม์ ภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบต่อเนื่อง ที่จะให้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นสูงสุดคือ ใช้ความเข้มข้นของเพคตินเนส เซลลูเลส และอะมีเลส ร้อยละ 1.5, 1.0 และ 0.5 โดยปริมาตร/น้ำหนักเนื้อทุเรียนบด ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส บ่มเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง จะได้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นร้อยละ 40.45 และยังพบว่าเอนไซม์เพคตินเนสและอะมีเลส จะมีผลต่อการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และการใช้

เอนไซม์ร่วมกันสามชนิดของเพคตินเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส จะมีผลต่อปริมาณหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เช่นกัน

#### 5.1.2.2 ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้น โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกัน 3 ชนิด ภายใต้ภาวะปฏิกริยาแบบตามลำดับ

ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นโดยการใช้เพคตินเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ร่วมกันภายใต้ภาวะปฏิกริยาตามลำดับ ที่จะให้ผลผลิตของหัวน้ำเชื่อมสูงที่สุดคือ ใช้ความเข้มข้นของเพคตินเอสร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร/น้ำหนักเนื้อทุเรียนสด บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเติมเซลลูเลสความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร/น้ำหนักเนื้อทุเรียนสด บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเติมอะมัยเลสความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร/น้ำหนักเนื้อทุเรียนสด บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ปริมาณของผลผลิตหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นถึงร้อยละ 44.49 และมีค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนสด 70.88

#### 5.1.3 สมบัติทางกายภาพของหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นที่สกัดโดยใช้เอนไซม์

หัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ จะมีสีเหลือง ค่อนข้างใส มีกลิ่นธรรมชาติของทุเรียนสด จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพพบว่า จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ประมาณ 37° Brix มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.8 มีปริมาณกรดต่ำ คือมีปริมาณกรดซิตริกอยู่ประมาณ 0.30 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของหัวน้ำเชื่อม

#### 5.1.4 อายุการเก็บของหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้น

หัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นจะมีอายุการเก็บได้นานถึง 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 4-10 องศา

เซลเซียส โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสี ความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริก และจำนวนจุลินทรีย์น้อยมาก และยังคงมีกลิ่นของทุเรียนสดปกติอยู่ แต่เมื่อถึงเดือนที่ 4 สีของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นจะมีสีเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และมีกลิ่นของทุเรียนสดลดลงเล็กน้อย และเมื่อเก็บหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่อุณหภูมิห้อง หัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นจะเสื่อมสภาพภายในเวลา 1 เดือน

#### 5.1.5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นและรสชาติของทุเรียนสดปกติ และมีการยอมรับค่อนข้างสูง อีกทั้งยังพบว่ากลิ่นของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นสามารถทนต่อความร้อนที่ใช้ในการประกอบอาหารได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านความร้อนยังคงมีกลิ่นและรสชาติของทุเรียนอยู่

#### 5.1.6 การแจกแจงชนิดและระดับความเข้มของกลิ่นทางประสาทสัมผัสของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น

หัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบต่อเนื่อง จะให้กลิ่นของผลไม้สด (fresh) และกลิ่นของผลไม้สุก (ripe) รวมทั้งกลิ่นน้ำตาลไหม้ (caramel-like) และกลิ่นของสารประกอบพวกกำมะถัน (Allicious หรือ Garlic like) ซึ่งพบในทุเรียนสุก ส่วนหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบตามลำดับ จะพบว่ามีกลิ่นของผลไม้ดิบ (green) และกลิ่น off-flavor ปนอยู่ด้วย

จากผลการทดลองระหว่างการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นโดยการใช้อินไซม์ร่วมกันสามชนิดภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบต่อเนื่องและแบบตามลำดับ พบว่าการสกัดภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบตามลำดับ จะให้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นสูงกว่าการสกัดภายใต้ภาวะปฏิริยาแบบต่อเนื่อง แต่ในแง่ของกลิ่นรส หัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่ได้จากการสกัดภายใต้ภาวะปฏิริยา

ตามลำดับ จะมีกลิ่นที่ด้อยกว่าหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่ได้จากการสกัดภายใต้ภาวะปฏิบัติวิธียบแบบต่อเนื่อง กล่าวคือ จะมีกลิ่นของผลไม้ดิบและกลิ่น off-flavor อยู่ ดังนั้นในการผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นในระดับอุตสาหกรรม เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งต้องคำนึงถึงกลิ่นรสของผลไม้เป็นสำคัญ จึงน่าจะเลือกใช้การสกัดภายใต้ภาวะปฏิบัติวิธียบแบบต่อเนื่อง ซึ่งถึงแม้ว่าจะใช้ปริมาณเอนไซม์ที่สูงมากในการสกัด แต่ก็จะได้หัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่มีกลิ่นรสของทุเรียนสดมากกว่าและมีกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยากเท่าการสกัดภายใต้ภาวะปฏิบัติวิธียบตามลำดับ ซึ่งถึงแม้ว่าปริมาณผลผลิตที่ได้จะต่ำ แต่ถ้าในระดับอุตสาหกรรมมีเครื่องกวนแบบต่อเนื่อง ที่สามารถทำให้เนื้อทุเรียนบดผสมกับเอนไซม์ได้อย่างทั่วถึงแทนการใช้เครื่องเขย่า ก็อาจจะทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น และหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่ได้ยังคงมีกลิ่นธรรมชาติของทุเรียนสดอยู่

จากผลการทดลองนี้จึงใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาวิจัยถึงบทบาทของเอนไซม์ในกลุ่มเพคติเนส เซลลูเลส และอะมีเลส ในการสกัดน้ำทุเรียนซึ่งเป็นผลไม้ประเภท pulpy fruit ที่มีเนื้อมาก น้ำน้อย และความหนืดสูง มีแป้งอยู่ในปริมาณที่สูง ซึ่งจะพบว่าการใช้เอนไซม์ร่วมกันสามชนิดจะมีผลทำให้ความหนืดของเนื้อผลไม้ลดลง และสามารถสกัดน้ำผลไม้ออกมาได้ น้ำผลไม้ที่ได้จะยังคงมีกลิ่นและรสธรรมชาติของทุเรียนสดอยู่ จึงน่าจะนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการสกัดน้ำผลไม้จากผลไม้ประเภท pulpy fruit ต่างๆที่มีในประเทศไทยเช่น มะละกอกลิ้วช ขนุน เป็นต้น เพื่อสกัดน้ำผลไม้ให้ออกมาได้มากขึ้น และได้น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นและรสธรรมชาติของผลไม้ นั้น อีกทั้งเพื่อนำกรรมวิธีการผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นมาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำผลไม้ในระดับอุตสาหกรรม เพื่อให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลงานวิจัยทั้งหมดนี้ ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นระบบการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป ซึ่งจากการศึกษาการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นโดยการใช้ออนไซม์ร่วมกันสามชนิด พบว่า การใช้ออนไซม์ร่วมกัน 3 ชนิด คือ เพคติเนส เซลลูเลส และอะมีเลส จะมีผลต่อปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น ส่วนเพคติเนสและเซลลูเลส จะมีผลต่อการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด จากบทบาทของอนไซม์ทั้งสามชนิดนี้จะเป็นแนวทางในการนำไปสู่การผลิตเอนไซม์ทางการค้า โดยใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการผลิตเอนไซม์ที่มีอัตราส่วนของเอนไซม์ชนิดต่างๆที่เหมาะสม ที่จะนำไปใช้ในการสกัดน้ำผลไม้จากผลไม้ประเภท pulpy fruit โดยต้องพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่พบในผลไม้ ได้แก่ สารโพลีแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ เช่น แป้ง เส้นใย และเพคติน ร่วมด้วย จากงานวิจัยนี้พบว่าทุเรียนมีปริมาณแป้ง เส้นใย และเพคติน อยู่ในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ดังนั้น เพคติเนส เซลลูเลส และอะมีเลส จึงมีบทบาทสำคัญในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น ซึ่งในการผลิตเพคติเนสทางการค้า ถึงแม้ว่าจะมีการเติมเฮมิเซลลูเลสและเซลลูเลสลงไปเพื่อช่วยเสริมการย่อยสลายเนื้อเยื่อผลไม้ แต่ก็ไม่เพียงพอต่อการย่อยสลายเนื้อทุเรียนบด ดังนั้นในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นจึงต้องอาศัยการเติมเอนไซม์เซลลูเลส และอะมีเลสร่วมด้วย จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนความเข้มข้นของเอนไซม์ทั้งสามชนิดที่เหมาะสมที่จะให้ปริมาณผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นสูงสุดคือ ใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมีเลส ร้อยละ 1.5, 1.0 และ 0.5 ตามลำดับ นั่นคือนำไปใช้ผลิตเอนไซม์ทางการค้าโดยมีอัตราส่วนของเพคติเนส 3 ส่วน เซลลูเลส 2 ส่วน และอะมีเลส 1 ส่วน ความเป็นไปได้ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และจากการทดลองในขั้นต้นในการเลือกชนิดของอะมีเลสที่จะใช้ในการสกัดเนื้อทุเรียนบดพบว่า การใช้ออนไซม์ชนิดที่มี glucosidase อยู่ จะให้หัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่มีกลิ่นของทุเรียนสดแรงมาก แต่จะได้ผลผลิตในปริมาณต่ำ ดังนั้นจึงน่าที่จะมีการทดลองศึกษาโดยใช้ออนไซม์อะมีเลสสองชนิดร่วมกันคือ  $\alpha$  - amylase และ  $\gamma$  - amylase เพื่อช่วยสกัดกลิ่นของทุเรียนออกมาให้มากขึ้น และมีผลผลิตในปริมาณที่สูง

จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อสกัดเนื้อทุเรียนบดโดยการใช้น้ำมันร่วมกันสามชนิดจะทำให้ความหนืดของเนื้อทุเรียนบดลดลงอย่างมาก และมีปริมาณผลผลิตประมาณร้อยละ 40 ซึ่งจะเห็นว่าผลผลิตที่ได้มีน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับความหนืดที่ลดลง จึงน่าที่จะมีการศึกษาหาอุปกรณ์ที่จะสกัดน้ำทุเรียนออกมาได้ จากงานวิจัยใช้ vacuum suction ในการกรองหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นออกมา แต่ยังไม่สามารถได้ไม่มากนัก จึงน่าที่จะใช้ความดันที่สูงกว่า 27 นิ้วปรอท เพื่อช่วยให้การกรองเป็นไปได้อย่างเร็วขึ้น และสกัดเอาหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นออกมาได้มากขึ้น อีกทั้งถ้าจะพัฒนาการผลิตเข้าสู่ระดับอุตสาหกรรม จึงน่าที่จะมีการคิดค้นเครื่องมือที่ใช้ในการกวนเนื้อทุเรียนบด และใช้น้ำมันให้สัมพันธ์กันให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้สูงขึ้นแทนการใช้เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

จากการนำหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นไปใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ และได้รับการยอมรับอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ดังนั้น จึงน่าที่จะพัฒนาการผลิตหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นสู่ระดับอุตสาหกรรม เพื่อลดการนำเข้าหัวน้ำเชื่อมจากต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนาเพื่อผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรมนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณภาพของหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นที่ได้ในแง่ของภาชนะบรรจุที่เหมาะสม การเติมสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเมื่อเก็บเป็นเวลานาน ความร้อนที่ใช้ในการทำลาซจุลินทรีย์ โดยที่ให้มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นทุเรียนให้น้อยที่สุด เป็นต้น จากงานวิจัยนี้พบว่า ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ และพบว่าหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นมีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ปริมาณสูง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล การบรรจุลงขวดควรบรรจุให้เหลือช่องว่างของอากาศน้อยที่สุด และอาจจะเติมสารประกอบพวกซิลไฟด์ เช่นโซเดียมเมตาไบซิลไฟด์ลงไป อีกทั้งการให้ความร้อนเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ ซึ่งความร้อนที่ใช้จะช่วยตกตะกอนโปรตีนเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยา Maillard จากการแจกแจงชนิดและระดับความเข้มข้นของกลิ่นหัวน้ำเชื่อมทุเรียนสังเคราะห์พบว่า จะมีกลิ่น Vanilla noted และกลิ่น creamy ซึ่งกลิ่นเหล่านี้จะทำให้กลิ่นทุเรียนติดกลิ่นเวลาอาหารลงไป ดังนั้นจึงน่าที่จะทำการศึกษาโดยการเติมกลิ่นพวก Vanillin และ maltol ลงไป เพื่อให้กลิ่นของหัวน้ำเชื่อมทุเรียนเข้มข้นที่

สกัดโดยการใช้เอนไซม์ดีเอ็นเอไล่งในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งข้อคิดทั้งหมดจากงานวิจัยนี้ จึงน่าจะ  
จะได้รับการส่งเสริมลงทุนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตหัวน้ำเชื้อธรรมชาติ จากผลิตผลทางการ  
เกษตรในประเทศ เพื่อลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน โดยอาศัยงานวิจัยนี้เป็นพื้นฐาน  
ในการวิจัยต่อไป