บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะรวม

บทสรุป

1. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของกลีบกระเจี๊ยบแดงสด โดยทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก, ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และค่าพีเอช จะมีค่าเท่ากับ 4.21±0.05%, 3.30±0.02 องศาบริกซ์ และ2.21±0.03 ตามลำดับ ค่า L^*, a^* และ b^* ของกลีบกระเจี๊ยบแดงสดมีค่าเท่ากับ 0.08±0.01, 0.05±0.01 และ 9.51±0.42 ตามลำดับ ปริมาณสารเคมีตกค้างและโลหะหนักพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสมุนไพรของกระทรวงสาธารณสุข จากการนำกระเจี๊ยบแดงสดไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนชนิดถาดหมุนที่อุณหภูมิ 50 องศา-เซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้น 10% ให้ผลผลิตกลีบกระเจี๊ยบแดงแห้งเท่ากับ 9.5% โดยน้ำหนักของกระเจี๊ยบแดงแห้งต่อกระเจี๊ยบสด

2. เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยนำ กระเจี๊ยบแดงแห้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เมช และกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ผ่านการปั่นด้วยเครื่องปั่นนาน 3 วินาที ทำการสกัดด้วยน้ำโดยใช้อัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องทำให้เข้มข้นโดยใช้ไอน้ำแบบสุญญากาศ จนกระทั่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ละลายได้ เท่ากับ 40 องศาบริกซ์ นำสารสกัดกระเจี๊ยบแดงเข้มข้นทั้งสองการทดลองไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ และเครื่องทำแห้งแบบระเหิดแห้ง พบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่สกัดด้วยกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ผ่านการปั่นด้วยเครื่องปั่นนาน 3 วินาที และทำให้เป็นผงแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ จะให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 37.83% โดยน้ำหนักสารสกัดกระเจี๊ยบผงต่อสารสกัดเข้มข้น

3. เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของสารสกัดกระเจี๊ยบผงที่สกัดด้วยกระเจี๊ยบแดงแห้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เมช และกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ผ่านการปั่นด้วยเครื่องปั่นนาน 3 วินาที ทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องทำให้เข้มข้นโดยใช้ไอน้ำแบบสุญญากาศ และทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับเครื่องทำแห้งแบบระเหิดแห้ง พบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่สกัดด้วยกระเจี๊ยบแดงอบแห้งที่ผ่านการปั่นด้วยเครื่องปั่นนาน 3 วินาที และทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ ให้ค่าความสามารถในการละลายดีที่สุด ค่าความหนาแน่นของสารสกัด และปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับ 0.02±0.03 ก./10 มล, 0.83±0.01 ก./มล. และ 11.75±0.15% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้ค่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลทั้งหมด และการต้านอนุมูลอิสระ แสดงในรูปของค่า EC_{50} เท่ากับ 183.57±0.84 มก./100ก. กระเจี๊ยบแห้ง, 31.08±0.38 มก.ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง/ก.ของกรดแกลลิก และ 25.98±1.41 ไมโครกรัมของสารสกัด/มล.ของสารละลายสารสกัดเริ่มต้น ตามลำดับ อาจนำสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆต่อไปได้ และสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 เดือน พบว่าสารสกัดจะมีค่าปริมาณความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} ลดลงเท่ากับ 11.23±0.06%, 12.39±0.44 มก.สารสกัด/ก. กรดแกลลิก และ 35.15±1.22 ไมโครกรัมสารสกัด/มล.ของสารละลายสารสกัดเริ่มต้น ตามลำดับ

4. จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง พบว่าการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ สารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่สกัดจากกระเจี๊ยบแดงแห้งที่มีขนาด 20 เมช และกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ปั่นนาน 3 วินาที จะมีรูปร่างที่มีลักษณะมน พื้นผิวค่อนข้างเรียบ และมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า สารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่สกัดจากกระเจี๊ยบแดงแห้งที่มีขนาด 20 เมช และกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ปั่นนาน 3 วินาทีที่ทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดแห้ง โดยให้รูปร่างที่มีลักษณะคม และเป็นเหลี่ยม

ส่วนสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง ที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 9 เดือน จะมีลักษณะที่เป็นรูพรุน จึงส่งผลให้สารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง ที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ มีปริมาณความชื้นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปริมาณความชื้นของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดแห้ง อย่างไรก็ดีสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่ได้จากการทำแห้งทั้งสองวิธี มีค่า EC_{50} ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 34.28 ถึง 35.18 ไมโครกรัมสารสกัด/มล.สารละลายสารสกัดเริ่มต้น

5. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง คือ ใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำเท่ากับ 1:5 ระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดันเท่ากับ 10 นาที และใช้แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% เป็นสารให้ความคงตัว ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยแบบทดสอบเชิงพรรณนา ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน คนซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตจากเครื่องคอลลอยด์มิลล์ จะได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นและลักษณะปรากฏ เท่ากับ 3.70±0.42, 3.50±0.71 และ 3.50±0.52 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตจากหม้อนึ่งภายใต้ความดันที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และลักษณะปรากฏ เท่ากับ 3.10±0.99, 2.30±0.82 และ 2.20±1.03 ตามลำดับ จากการปรับปรุงรสชาติของซอสกระเจี๊ยบแดงที่มีส่วนผสมพื้นฐานประกอบด้วย เพียวเร่กระเจี๊ยบแดง 73.5% พริกชี้ฟ้า 3.0% และกระเทียม 3.0% เมื่อทำการปรับปรุงรสชาติ ด้วยส่วนผสมสูตรที่ 5 ที่ประกอบด้วยเกลือ

1.43%, น้ำตาลทราย 14.96% และน้ำส้มสายชู 4.10% เป็นส่วนผสมในการผลิต ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 พบว่าได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม สูงที่สุดมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.23±1.29, 7.07±1.29, 6.67±1.37, 6.83±1.44 และ 7.20±1.40 ตามลำดับ

6.จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค ความจุ 200 ก. และซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง ความจุ 85 ก. พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงมีค่าพีเอช เท่ากับ 2.52 เมื่อทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch ที่อุณหภูมิ 101 องศาเซลเซียส พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่บรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวล็อค และถุงทนความร้อนสูง มีอุณหภูมิซอสกระเจี๊ยบแดงเริ่มต้น เท่ากับ 23.6 และ 35.7 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำให้ซอสกระเจี๊ยบแดง ในทั้งสองชนิดบรรจุภัณฑ์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่ง เท่ากับอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ 101 องศาเซลเซียส (come up time) ใช้เวลานาน 10 นาที โดยจำเป็นต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ (processing time) นาน 26 และ 13 นาที เพื่อให้จุดร้อนช้าที่สุดของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวล็อค และถุงทนความร้อนสูง มีอุณหภูมิ เท่ากับ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ตามลำดับ ตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารกำหนด เมื่อทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงทั้งในขวดแก้วฝาเกลียวล็อค และถุงทนความร้อนสูงโดยทดสอบ sterility test และจุลินทรีย์ทั้งหมด, ยีสต์และรา, coliform bacteria, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ภายหลังการฆ่าเชื้อพบว่า ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ประเภทก่อโรค คุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอส (มอก. 2520) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องมาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549)

7. จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคหลังการพาสเจอไรซ์ และซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงหลังการพาสเจอไรซ์ พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค และซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจะให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ค่าพีเอช และค่าสี L^*, a^*, b^* ที่ใกล้เคียงกันโดย มีค่าเท่ากับ 31.50±0.02 และ 30.50±0.06 องศาบริกซ์ 2.50±0.02 และ 2.59±0.02, 5.33±0.10 และ 5.17±0.12, 15.34±0.10 และ 14.93±0.11, 6.35±0.26 และ 6.32±0.19 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุในถุงทนความร้อนสูงมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวล็อค โดยซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุในถุงทนความร้อนสูง และในขวดแก้วฝาเกลียวล็อค มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอล

ทั้งหมดเท่ากับ 2.01±0.36 มก./ก. และ 0.90±0.15 มก./ก. ค่า EC_{50} เท่ากับ 2,502.80±5.60 ไมโครกรัม/มล. และ 3,123.32±4.50 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ เมื่อประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค (200 ก.) และผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง (85 ก.) พบว่ามีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 13.33 และ 18.73 บาท/หน่วยบรรจุ-ภัณฑ์ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการนำสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงที่ได้มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพโดยคงไว้ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2. ควรมีการปรับปรุงกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง โดยการเติมเครื่องเทศ หรือสมุนไพรชนิดอื่นๆ ได้แก่ ขิงสด ซินนามอล เป็นต้น เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะผลิตต่อไปในอนาคต