

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

1. ค่าผลผลิต (ร้อยละ) ของกระเจี๊ยบแดงสดและกระเจี๊ยบแดงแห้ง เท่ากับ $47.45 \pm 0.71\%$ (น้ำหนักกระเจี๊ยบแดงสดหลังกระทั่งเอาเมล็ดออก/น้ำหนักกระเจี๊ยบแดงสดก่อนกระทั่งเอาเมล็ดออก) $\times 100$ และ $9.58 \pm 0.77\%$ (น้ำหนักกระเจี๊ยบแดงแห้งหลังการทำแห้ง/น้ำหนักกระเจี๊ยบแดงสดก่อนการทำแห้ง) $\times 100$ ตามลำดับ และจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกระเจี๊ยบแดงสด กระเจี๊ยบแดงสด มีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 0.09 ± 0.01 , 0.02 ± 0.01 และ 0.05 ± 0.01 ตามลำดับ จะเห็นว่า กระเจี๊ยบแดงสดมีสีแดงเข้ม และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูป กรดมาลิก ค่าพีเอช และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ $4.20 \pm 0.01\%$, 2.16 ± 0.05 และ 5.83 ± 0.04^0 บริกซ์ ตามลำดับ

2. การสกัดกระเจี๊ยบแดงสดด้วยน้ำในอัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงสดต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 50.0^0ซ นาน 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดกระเจี๊ยบแดงสดด้วยน้ำ และสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไซยานิดิน 3-กาแลกโตไซด์) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (กรดแกลลิก) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่า EC_{50} มีค่าเท่ากับ 45.13 ± 0.08 มิลลิกรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดงสด 22.25 ± 0.31 มิลลิกรัม/กรัมของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสด และ 27.87 ± 1.27 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนการสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 50.0^0ซ นาน 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งด้วยน้ำ และสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} มีค่า เท่ากับ 502.33 ± 0.52 มิลลิกรัม/100 กรัม กระเจี๊ยบแดงแห้ง 43.00 ± 0.97 มิลลิกรัม/กรัมของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้ง และ 44.78 ± 0.49 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

3. วิธีการที่เหมาะสมในการทำให้เข้มข้นของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสด คือ การทำให้เข้มข้นภายใต้สูญญากาศใช้ความดัน 44 เซนติเมตรปรอท อุณหภูมิ 70.0^0ซ จนกระทั่งสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25.0^0 บริกซ์ พบว่า สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดเข้มข้นที่ได้

มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} มีค่าเท่ากับ 37.67 ± 0.02 มิลลิกรัม/100 กรัมกระเจียบแดงสด 31.26 ± 0.75 มิลลิกรัม/กรัมของกระเจียบแดงสด สกัดเข้มข้น และ 39.37 ± 0.61 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และวิธีการที่เหมาะสมในการทำให้เข้มข้นของสารสกัดกระเจียบแดงแห้ง คือ การทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศใช้ความดัน 44 เซนติเมตรปรอท อุณหภูมิ 70.0°C จนกระทั่งสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25.0° บริกซ์ พบว่า สารสกัดกระเจียบแดงแห้งเข้มข้นที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} มีค่าเท่ากับ 340.97 ± 0.15 มิลลิกรัม/100 กรัมกระเจียบแดงแห้ง 31.18 ± 0.62 มิลลิกรัม/กรัมของกระเจียบแดงแห้งสกัดเข้มข้น และ 47.53 ± 0.85 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

4. การพัฒนาสูตรส่วนผสมของกระเจียบแดงสกัดเข้มข้น และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ พบว่า สูตรที่ 1 เป็นสูตรที่เหมาะสมนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น มีส่วนผสมดังนี้ กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น ฟรุคโตส น้ำผึ้ง โอลิโกฟรุคโตส วิตามินอีและวิตามินเอ เท่ากับ 50.00%, 31.9835%, 10.00%, 8.00%, 0.013% และ 0.0035% ตามลำดับ เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด โดยให้ค่าคะแนนเฉลี่ย ความชอบที่พิจารณาในคุณลักษณะสี ความหวาน ความเปรี้ยว ความรู้สึกภายในปาก และการยอมรับโดยรวม มีค่าเท่ากับ 7.73 ± 0.69 , 7.17 ± 0.83 , 6.97 ± 0.93 , 7.07 ± 1.05 และ 7.23 ± 0.68 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่า สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3

5. ผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล๊อคปริมาตร 70 มิลลิลิตร มีค่าพีเอช 2.80 ให้ความร้อน ณ จุดร้อนช้าที่สุด เท่ากับ 85.0°C นาน 5 นาที ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ steam water spray automated batch โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น (initial temperature) เท่ากับ 32.2°C เวลาที่อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับอุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุด (come up time) เท่ากับ 10 นาที อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ (processing temperature) เท่ากับ 101.0°C เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (processing time) เท่ากับ 5 นาที และทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิเท่ากับ $40.0-50.0^{\circ}\text{C}$ เมื่อทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น โดยทดสอบ sterility test โดยการตรวจ Flat sour spoilage bacteria, Coliform bacteria จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ภายหลังจากการฆ่าเชื้อ พบว่า ตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าว เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานเครื่องดื่มน้ำผลไม้ (มอก. 2542) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องมาตรฐานเครื่องดื่มน้ำในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543) นอกจากนี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นมีปริมาณวิตามินเอและอี เหลืออยู่เท่ากับ 105.00 ไมโครกรัม และ 4.90 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่ง

ปริมาณวิตามินเอและอีเปรียบเทียบกับร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (%Thai RDI) เท่ากับ 15.0% และ 50.0% ตามลำดับ

6. ทำการเก็บผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวลิ้นคอ ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} พบว่า เมื่อศึกษาถึงผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางเคมีของผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น ที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ พบว่า การเก็บรักษาผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลาดังแต่ 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน มีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 ± 0.01 และ 2.80 ± 0.01 , 2.24 ± 0.02 และ $2.24 \pm 0.02\%$, 44.56 ± 0.01 และ 44.56 ± 0.01 ริกซ์ ตามลำดับ จะเห็นว่า คุณภาพทางเคมีของผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน

เมื่อศึกษาถึงผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น ที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ พบว่า การเก็บรักษาผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยในวันที่ 0 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} เท่ากับ 370.72 ± 1.71 มิลลิกรัม/ลิตรของกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น 5.88 ± 0.12 มิลลิกรัม/กรัมกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น และ 235.34 ± 0.76 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยวันที่ 60 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} เท่ากับ 308.18 ± 1.89 มิลลิกรัม/ลิตรของกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น 4.19 ± 0.13 มิลลิกรัม/กรัมกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น และ 321.29 ± 1.06 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนการเก็บรักษาผลผลิตผักกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่อุณหภูมิ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เช่นกัน โดยในวันที่ 0 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} เท่ากับ 370.72 ± 1.71 มิลลิกรัม/ลิตรของกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น 5.88 ± 0.12 มิลลิกรัม/กรัมกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น และ 235.34 ± 0.76 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บ

รักษาเพิ่มขึ้น กระจับแดงสกัดเข้มข้นมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลงเช่นกัน โดยวันที่ 60 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} เท่ากับ 135.93 ± 1.78 มิลลิกรัม/ลิตรของกระจับแดงสกัดเข้มข้น 3.11 ± 0.11 มิลลิกรัม/กรัมกระจับแดงสกัดเข้มข้น และ 347.04 ± 1.49 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และค่า EC_{50} มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$

สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์โดยตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่าผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (1-5 CFU/ml) ปริมาณยีสต์และรา (1-5 CFU/ml) ซึ่งน้อยกว่า 30 CFU/ml ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0 ถึง 60 วัน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ยังมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ (มอก. 2542) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องมาตรฐานเครื่องคั้นในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะที่พิจารณา โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนในคุณลักษณะด้านสี ความหวาน ความเปรี้ยว ความรู้สึกภายในปาก และการยอมรับโดยรวม มีระดับคะแนนอยู่ในช่วง 7-8 (ชอบปานกลางถึงชอบมาก) ดังนั้นผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 30 และ 60 วัน ผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นมีคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นบรรจุขวดแก้ว (70 มิลลิลิตร) พบว่า มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 19.98 บาท/ขวด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป เพื่อสามารถกำหนด “ Expire date...” หรือ “ ควรบริโภคก่อนวันที่...” บนฉลากของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในทางการค้าต่อไป
2. ในขั้นตอนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา อาจศึกษาสภาวะการเก็บรักษา ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ เป็นต้น ต่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น ดังนั้น การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จึงควรศึกษาถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ด้วย
3. ควรมีการปรับปรุงรสชาติ ด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น โดยอาจเติมสารให้ความหวานชนิดอื่นเพิ่ม นอกเหนือจากน้ำผึ้งและฟรุคโตส เพื่อแต่งรสชาติด้านความเปรี้ยวให้มีรสชาติดกุ่มกล่อมมากยิ่งขึ้น