บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาลักษณะทางเคมีและกายภาพในกากมะเขือเทศ 3 ชนิด ได้แก่ กากมะเขือเทศสดจากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ พบว่ากากมะเขือเทศสดจากโรงงานมีร้อยละความชื้น 79.05 และกากมะเขือเทศที่ทำเป็นผงแห้งมีร้อยละความชื้น 6.89 -7.42 และพบว่าในกากมะเขือเทศทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำพบในกากมะเขือเทศสดมากที่สุด ร้อยละ 55.10 (%dw) ($p\leq0.05$) ส่วนใยอาหารชนิดละลายน้ำพบในผงกากมะเขือเทศมากที่สุด ร้อยละ 9.75-11.04 (%dw) โดยกากมะเขือเทศทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณใยอาหารรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 63.28-63.97 (%dw) และในการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในกากชนิดต่างๆ พบว่า กากมะเขือเทศที่ทำเป็นผงแห้งมีปริมาณไลโคปีนมากกว่ากากมะเขือเทศสด โดยผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการมีปริมาณสูงที่สุด (32.12 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณไลโคปีนสอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง (a*) ซึ่งมีค่าสูงสุดในกากมะเขือเทศชนิดนี้เมื่อเทียบกับกากมะเขือเทศชนิดอื่นๆ

2. ในการศึกษาสภาวะการสกัดโดยใช้สารทำละลายอินทรีย์ร่วมกับเอนไซม์ต่อปริมาณไลโคปีน พบว่าชนิดเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย มีผลต่อปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้นจะได้ปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าการสกัดด้วยเอนไซม์ Enz A ที่ระยะเวลา 50 นาที และ Enz B ที่ระยะเวลา 60 นาที ให้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด จากการคัดเลือกการใช้เอนไซม์ที่ระยะเวลาสั้น โดยเลือกเอนไซม์ Enz A ที่ระยะเวลา 50 นาที เป็นสภาวะที่เลือกสำหรับสกัดไลโคปีนร่วมกับสารทำละลายอินทรีย์เอทิลอะซีเตต พบว่า ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการให้ปริมาณไลโคปีนมากที่สุด (80.21 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน (50.32 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง) และการใช้เอนไซม์ Enz A ร่วมกับเอทิลอะซีเตตในการสกัดไลโคปีนจากผงกากมะเขือเทศนั้นสามารถให้ผลผลิตไลโคปีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 142.2-149.7 เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิมของ Taungbodhitham and others (1998) ซึ่งไม่ใช้เอนไซม์

3. สารสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการมีความสามารถในการการยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^{+}$ และวิธี Reducing power สูงที่สุด เท่ากับ 17.35 และ 83.86 ไมโครโมลโทรล็อก/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด โดยมีค่า Gallic acid equivalent (GAE) เท่ากับ 0.825 มก.กรดแกลลิก/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง ($p \leq 0.05$) ส่วนกากมะเขือเทศจากโรงงานนั้นเมื่อใช้ในรูปผงมะเขือเทศอบแห้งให้สารสกัดที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการใช้ในรูปกากสด

4. จากการเปรียบเทียบการทำแห้งสารสกัดไลโคปีน พบว่า วิธีแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งให้ผงไลโคปีนที่มีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 50.84 และ 29.65 ไมโครกรัม/กรัมผงไลโคปีน โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ อีกทั้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (0.134 มก.กรดแกลลิก/กรัมผงไลโคปีน โดยน้ำหนักแห้ง) และมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Reducing power (4.46 ไมโครโมลโทรล็อก/กรัมผงไลโคปีนโดยน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผงการทำแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งมีค่า 0.082 มก.กรดแกลลิก/กรัมผงไลโคปีน และ 2.33 ไมโครโมลโทรล็อก/กรัมผงไลโคปีน โดยน้ำหนักแห้ง

5. จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาไลโคปีนชนิดผงและชนิดของเหลว พบว่า เมื่อทำการเก็บรักษาไลโคปีนชนิดผงที่ได้จากการแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °ซ) และ 5 °ซ เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน แนวโน้มของค่ากิจกรรมของน้ำและความสว่างเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นสีแดง ปริมาณไลโคปีน กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลง ส่วนการเก็บรักษาไลโคปีนชนิดของเหลวที่อุณหภูมิ -18 °ซ นาน 3 เดือน แนวโน้มของปริมาณไลโคปีน กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาไลโคปีนในรูปผงในสภาวะที่ต่างกันดังกล่าว พบว่าการเก็บในลักษณะผงมีความคงตัวสูงกว่า

6. จากการเตรียมผงใยอาหารละลายน้ำจากกากมะเขือเทศสดและผงกากมะเขือเทศอบแห้ง พบว่า การเตรียมจากผงมะเขือเทศอบแห้งให้ปริมาณผลผลิตผงใยอาหารละลายน้ำสูงสุด แต่ร้อยละของใยอาหารละลายน้ำในผงที่เตรียมได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการได้ปริมาณไลปีนในการสกัดมากในกรณีที่ไม่ได้ใช้กากเหลือทิ้งจากโรงงาน ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์ของมะเขือเทศต่อปริมาณสารสกัดไลโคปีน เนื่องจากมะเขือเทศเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นมีการใช้มะเขือเทศหลายสายพันธุ์ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์อาจมีปริมาณไลโคปีนที่แตกต่างกันได้

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อแยกให้ได้เป็นสารสกัดไลโคปีนที่บริสุทธิ์ เนื่องจากในการสกัดนั้นอาจมีสารชนิดอื่นละลายออกมากับสารทำละลายอินทรีย์ได้ด้วย เช่น สารพวกแคโรทีนลูทีน เป็นต้น ดังนั้นเป็นไปได้ว่าคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดค่าได้อาจเป็นผลจากสารสกัดตัวอื่นร่วมอยู่ด้วย ซึ่งเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

3. ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของไลโคปีนสกัดชนิดผงและชนิดของเหลวเป็นเวลา 3 เดือน ทราบแต่เพียงแนวโน้มการลดลง แต่ยังไม่สามารถระบุอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากการเก็บรักษาภายในเวลา 3 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพน้อยมากและยังไม่ทราบจุดการลดลงที่ชัดเจน จึงควรศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาให้นานขึ้น เพื่อทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

4. ในกากมะเขือเทศมีปริมาณใยอาหารชนิดละลายน้ำร้อยละ 8.87-11.04 แต่เมื่อทำการสกัดโดยการใช้เอนไซม์ Enz A ได้ปริมาณใยอาหารชนิดละลายน้ำออกมาเพียงร้อยละ 2 เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่มีในกากมะเขือเทศ ดังนั้นอาจไม่เหมาะสมในการนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม จึงควรมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำเอนไซม์กลับมาใช้ใหม่ หากเอนไซม์ยังไม่ได้เสียสภาพการทำงานไป เนื่องจากเป็นสารที่มีราคาค่อนข้างแพง