บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina maxima* IFRPD1183 แบบโฟโตออโททรอฟ โดยใช้อาหาร Modified zarrouk´s medium (ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 10 กรัมต่อลิตร) เป็นอาหารเพาะเลี้ยง พบว่าใช้เวลาในการเพาะเลี้ยงรอบแรก (Run 1) นาน 7 วัน โดยมีปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง (Dry cell weight) สูงสุด 10.585 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ระยะเวลาทวีคูณ และอัตราการผลิตเซลล์เชิงปริมาตร เท่ากับ 0.208 ต่อวัน 3.336 วัน และ 0.085 กรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าอาหารที่เหลือยังคงมีปริมาณไนเตรทและฟอสฟอรัสเหลือประมาณ 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงที่นานขึ้น โดยในวันที่ 5-6 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าจะมีการสะสมซี-ไฟโคไซยานินสูงสุดประมาณ 26 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 110 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยมีอัตราการผลิตซี-ไฟโคไซยานินเชิงปริมาตร และอัตราจำเพาะของการเกิดซี-ไฟโคไซยานินเท่ากับ 1.125 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน และ 2.529 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อวัน ตามลำดับ ส่วนพอลิเมอร์นอกเซลล์พบว่ามีการสะสมมากขึ้นตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยง เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงมีการสะสมของพอลิเมอร์นอกเซลล์สูงสุดเท่ากับ 24.611 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำอาหารเหลวที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 1 (Run 1) นำกลับมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อการผลิตซี-ไฟโคไซยานินในรอบที่ 2 (Run 2) และรอบที่ 3 (Run 3) พบว่าสามารถนำอาหารเพาะเลี้ยงกลับมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าได้อีก 1 รอบเท่านั้น ทั้งนี้ต้องมีการเติมแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน (โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมไนเตรท) ลงไปในอาหารเพาะเลี้ยงดังกล่าวด้วย การเพาะเลี้ยงรอบที่ 2 และ 3 สาหร่ายสไปรูลิน่ามีการเจริญเติบโตได้ช้ามากเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 1 การเพาะเลี้ยงในรอบที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะน้อยกว่าการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 1 ประมาณ 2.2 เท่าตัว และมีระยะเวลาทวีคูณนานกว่าการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 1 ประมาณ 2.2 เท่าตัว อีกทั้งยังมีปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์รวม น้อยกว่าการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 1 ประมาณ 1.7 และ 1.6 เท่าตัว ตามลำดับ ในขณะที่ซี-ไฟโคไซยานินจะมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงที่นานขึ้น

3. กรรมวิธีการผลิตผงสีซี-ไฟโคไซยานินเกรดอาหาร ประกอบด้วยการอบแห้งชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง และบดให้มีขนาดเล็กกว่า 0.25 มิลลิเมตร จากนั้นผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:4 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยโฮโมจิไนซ์เซอร์ (3200 รอบต่อนาที, 10 นาที) ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำลายผนังเซลล์ โดยนำไปผ่านเครื่องบดสี (Dyno-mill) 4-5 รอบ แล้วนำไปตกตะกอนโปรตีนปนเปื้อนโดยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้เท่ากับ 5 ด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกตะกอน

โปรตีนปนเปื้อนออกจากสารละลายซี-ไฟโคไซยานินโดยนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 590 g นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำส่วนใสสีน้ำเงินเข้มที่แยกได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส จนมีค่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี้น้อยกว่า 0.4

4. ผงสีซี-ไฟโคไซยานินที่พัฒนาได้มีค่าความบริสุทธิ์เท่ากับ 0.71 มีความเข้มข้นของซี-ไฟโคไซยานินเท่ากับ 130 มิลลิกรัมต่อกรัม มีค่าความหนาแน่นของผงสีเท่ากับ 0.3 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าความสามารถในการกระจายตัวของผงสีเท่ากับ 0.3 มีค่าความสามารถในการดูดความชื้นเท่ากับ 3.1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการละลายเท่ากับ 79.4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร มีปริมาณความชื้น 7.6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้เท่ากับ 0.4 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 1.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายผงสีเท่ากับ 4.5 และให้ค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ 50.2, -11.6, -18.6, 21.9 และ 238.1 ตามลำดับ

5. การประยุกต์ใช้ผงสีซี-ไฟโคไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหารและทดสอบความชอบด้านสี โดยนำผงสีที่พัฒนาได้ไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิด ได้แก่ เจลลี่และน้ำมะพร้าว พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งสีด้วยผงสีซี-ไฟโคไซยานินที่พัฒนา โดยมีคะความชอบด้านสีเท่ากับ 7.820 และ 6.360 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงความชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำผงสีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และหากมีการพัฒนาคุณภาพในด้านความคงตัวก็จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

6. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เจลลี่และน้ำมะพร้าวที่เติมผงสีซี-ไฟโคไซยานิน เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน พบว่าผลิตทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้อยมาก แสดงให้เห็นว่าผงสีซี-ไฟโคไซยานินที่พัฒนาได้มีความคงตัวค่อนข้างดี

อภิปรายผล

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อการผลิตชีวมวลและซี-ไฟโคไซยานิน นิยมการเพาะเลี้ยงแบบโฟโตออโททรอฟ ซึ่งสามารถเพาะเลี้ยงได้ในระบบเปิดและระบบปิดในบ่อเปิดแบบรางคู่ (open raceway pond) และถังปฏิกรณ์ปิดแบบให้แสง (enclosed photobioreactor) การเพาะเลี้ยงในถังปฏิกรณ์แบบให้แสงจะให้ผลผลิตของสาหร่ายสูงกว่าบ่อเปิดแบบรางคู่ เพราะสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงในบ่อเปิดแบบรางคู่ที่มีข้อด้อยหลายประการ อาทิ ต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างมาก ประสิทธิภาพในการรับแสงของเซลล์สาหร่ายต่ำ การระเหยของของเหลวมีสูง การสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศมีมาก และมักพบการปนเปื้อนของแมลงและสัตว์น้ำขนาดเล็ก การเพาะเลี้ยงในถังปฏิกรณ์ปิดแบบให้แสง สามารถควบคุมอุณหภูมิและปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีกว่า จึงช่วยปรับปรุงอัตราการผลิตชีวมวลให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงในบ่อเปิดแบบรางคู่ยังคงได้รับความนิยมเรื่อยมา เนื่องจากการขยายขนาดและการก่อสร้างทำได้ง่าย อีกทั้งการดูแลรักษา

บ่อเพาะเลี้ยงไม่ยุ่งยาก ที่สำคัญคือต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าการเพาะเลี้ยงในถังปฏิกรณ์แบบให้แสงค่อนข้างมาก

สาหร่ายสไปรูลิน่ายังสามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโรทรอฟ (heterotrophic culture) และการเพาะเลี้ยงแบบมิกโซทรอฟ (mixotrophic culture) เช่นเดียวกับสาหร่ายชนิดอื่น การเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโรทรอฟสาหร่ายจะใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งของอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ในขณะที่การเพาะเลี้ยงแบบมิกโซทรอฟ สาหร่ายจะได้พลังงานจากการสังเคราะห์แสงและสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยง โดยที่การเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโรทรอฟและมิกโซทรอฟจะให้อัตราการผลิตเซลล์ (cell productivity) มากกว่าการเพาะเลี้ยงแบบโฟโตออโททรอฟ การเพาะเลี้ยงแบบมิกโซทรอฟมีข้อดีหลายประการ อาทิ อัตราการผลิตชีวมวลสูง สามารถเพาะเลี้ยงได้ดีภายใต้ความเข้มข้นของเซลล์สูง ๆ และสามารถรักษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดคือ เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตแบบเฮเทอโรทรอฟ โดยเฉพาะหากมีการขยายขนาดการเพาะเลี้ยง จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าการเพาะเลี้ยงสไปรูลิน่าแบบเฮเทอโรทรอฟและมิกโซทรอฟ จะประสบความสำเร็จในแง่ของการผลิตชีวมวล แต่ก็มักพบว่าการเพาะเลี้ยงโดยวิธีเหล่านี้มีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะหากมีการขยายขนาดกำลังผลิตในระดับที่ใหญ่ขึ้น อีกทั้งแนวโน้มการผลิตซี-ไฟโคไซยานินภายใต้การเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโรทรอฟและมิกโซทรอฟ มักจะมีอัตราการผลิตที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงแบบโฟโตออโททรอฟ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าแบบโฟโตออโททรอฟสำหรับการผลิตซี-ไฟโคไซยานิน

การสร้างชีวมวลและการสะสมซี-ไฟโคไซยานินของสาหร่ายสไปรูลิน่าขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพและเคมีหลายประการ อาทิ สายพันธุ์ของสาหร่าย อุณหภูมิ ความเข้มแสง คุณภาพแสง ระยะเวลาในการให้แสง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของเกลือ อัตราการเติมอากาศ อัตราการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้นของไนโตรเจน อายุของกล้าเชื้อ ปริมาณกล้าเชื้อ และการกวนผสม เป็นต้น ซึ่งพบว่าปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการสะสมซี-ไฟโคไซยานิน คือ ความเข้มแสงและความเข้มข้นของไนโตรเจน งานวิจัยนี้ได้ควบคุมความเข้มแสงในระหว่างการเพาะเลี้ยงให้อยู่ในช่วงให้อยู่ในช่วงที่ 15-20 กิโลลักซ์ ทั้งนี้หากปล่อยให้ความเข้มแสงมากเกินไปจะเป็นอันตรายแก่เซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่าและส่งผลให้เกิดการสะสมซี-ไฟโคไซยานินในปริมาณต่ำ นอกจากนี้การนำอาหารเหลือทิ้งจากการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 1 นำกลับมาใช้ในการเพาะเลี้ยงใหม่จะช่วยลดต้นทุนโดยรวมของการผลิตซี-ไฟโคไซยานินลงได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประอบทางเคมีพบว่าอาหารเพาะเลี้ยงดังกล่าวยังคงมีปริมาณไนเตรทและฟอสฟอรัสเหลืออยู่ประมาณ 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากรายงานวิจัยของ Nomsawai et al., (1999) พบว่าการเพาะเลี้ยง *S. platensis* Cl ในอาหาร modified Zarrouk's medium ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงต่ำ (50 μmol photons/ m^2/s) สาหร่ายจะมีสีเขียวแกมน้ำเงิน ในขณะที่การเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงสูง (500 μmol photons/ m^2/s) สาหร่ายจะมีสีเหลือง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ และไฟโคไบลิโซม เช่นเดียวกับที่พบในสาหร่ายชนิดอื่น นอกจากนี้พบว่าการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงสูงสาหร่ายไปรูลิน่าจะมีการสร้าง gas vacuoles เป็นจำนวนมาก เพื่อช่วยลดปริมาณแสงที่มากเกินไปซึ่งจะไปทำลายส่วนรับแสง (light harvesting complex) และก่อให้เกิด photobleaching แก่เซลล์ได้

ความเข้มแสงยังมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบต่าง ๆ ของสไปรูลิน่าด้วย สาหร่ายสไปรูลิน่าจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงสูง แต่จะมีการสะสมคลอโรฟิลล์ เอ ไฟโคไบลิโปรตีน โปรตีนละลาย และโปรตีนทั้งหมด น้อยกว่าเซลล์ที่เพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงต่ำประมาณ 3-3.4 เท่า และพบว่าการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงสูงสาหร่ายสไปรูลิน่าจะมีการสะสมไกลโคเจนมากกว่าการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงต่ำ ความเข้มแสงยังมีผลต่อขนาดและจำนวนของไฟโคบิลิโซม รวมทั้งองค์ประกอบของไฟโคบิลิโซมด้วย การเพาะเลี้ยงที่ความเข้มแสงสูงจะทำให้โปรตีนขนาด 33 kDa ซึ่งเป็นโปรตีนสำหรับการสร้าง rod-rod linker ขาดหายไป

ความบริสุทธิ์ (purification) ของซี-ไฟโคไซยานินสามารถประเมินได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 และ 280 นาโนเมตร (A620/A280) หากอัตราส่วนดังกล่าวเท่ากับ 0.7 จะจัดอยู่ในเกรดอาหาร (food grade) หากเท่ากับ 3.9 จะจัดอยู่ในเกรดทำปฏิกิริยา (reactive grade) และหากมากกว่า 4.0 จะจัดอยู่ในเกรดวิเคราะห์ (analytical grade) (Cisneros and Rito-Palomares, 2004) โดยทั่วไปแล้วกระบวนการทำบริสุทธิ์ซี-ไฟโคไซยานินจากสไปรูลิน่าจะอาศัยเทคนิคต่าง ๆ หลายขั้นตอน อาทิ การทำลายผนังเซลล์ (cell wal disruption) การตกตะกอน (precipitation) การปั่นเหวี่ยง (centrifugation) การทำไดอะไลซิส (dialysis) โครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุ (ion-exchange chromatography) และโครมาโทกราฟีแบบกรองเจล (gel filtration chromatography) เนื่องจากกระบวนการทำบริสุทธิ์ซี-ไฟโคไซยานินใช้เวลาค่อนข้างมากและมีต้นทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นการทำบริสุทธิ์ซี-ไฟโคไซยานินจึงต้องคำนึงถึงงานที่นำไปใช้ เพราะในแต่ละงานต้องการความบริสุทธิ์ต่างกันและมีต้นทุนการผลิตแตกต่างกันด้วย ดังนั้นวิธีการทำบริสุทธิ์ซี-ไฟโคไซยานินควรเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน คุ้มค่าในการขยายขนาดในระดับใหญ่ ให้ความบริสุทธิ์สูง สามารถเก็บเกี่ยวซี-ไฟโคไซยานินได้ดี และสามารถรักษาคุณสมบัติทางชีวภาพต่าง ๆ ของซี-ไฟโคไซยานินไว้ได้ งานวิจัยนี้ได้พัฒนากรรมวิธีอย่างง่ายในการผลิตผงสีซี-ไฟโคไซยานินจากสาหร่ายสไปรูลิน่า โดยใช้กระบวนการไดโนมิลล์ (Dyno-mill) ในการทำลายผนังเซลล์ และใช้การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างในการตกตะกอนโปรตีนปนเปื้อน แล้วนำส่วนสกัดซี-ไฟโคไซยานินที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจนมีค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้น้อยกว่า 0.4 เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งพบว่าผงสีที่พัฒนาได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าความบริสุทธิ์ 0.710 ซึ่งมีความบริสุทธิ์อยู่ในระดับเกรดอาหาร

เนื่องจากซี-ไฟโคไซยานินเป็นสารประกอบโปรตีนที่มีความไวต่อสภาวะแวดล้อมในการแปรรูปอาหารค่อนข้างมาก โดยเฉพาะความร้อนและค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้นเพื่อให้ผงสีซี-ไฟโคไซยานินที่พัฒนาได้มีความคงตัวในขณะใช้งานจึงจำเป็นต้องทราบถึงปัจจัยหรือสภาวะที่ใช้แปรรูปอาหารที่มีผลต่อความคงตัวและคุณสมบัติของซี-ไฟโคไซยานินด้วย รวมถึงวิธีการรักษาความคงตัวของซี-ไฟโคไซยานินด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำผงสีซี-ไฟโคไซยานินไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด Chaiklahan et al., (2012) ศึกษาความคงตัวของผงสีซี-ไฟโคไซยานินที่ผลิตได้จากสาหร่ายสไปรูลิน่า โดยพบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 47–64 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของซี-ไฟโคไซยานิน (relative concentration; C_R) และค่าครึ่งชีวิต (half-life; $t_{1/2}$) จะลดลงอย่างรวดเร็ว ซี-ไฟโคไซยานินจะมีความคงตัวสูงสุดเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 และ 6.0 พบว่าซี-ไฟโคไซ

ยานินจะตกตะกอนมีสีซีดจางลงหลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 59 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และเมื่ออยู่ในสารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 จะเกิดการตกตะกอนหลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 64 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที การทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิระดับการพาสเจอร์ไรซ์ (อุณหภูมิ 74 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที) พบว่าในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 6.0 และ 7.0 ซี-ไฟโคไซยานินยังคงมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 96-100% และเมื่อเก็บสารละลายซี-ไฟโคไซยานินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 และ 7.0 ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 120 วัน พบว่ายังคงมีความเข้มข้นเหลืออยู่มากกว่า 80% ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้เพียง 10 วัน เท่านั้น หลังจากนั้นจะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากแบคทีเรียในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถรักษาความคงตัวของซี-ไฟโคไซยานินไว้ได้ โดยการเติมสารกันบูดบางชนิด การเติมกลูโคสหรือซูโครสความเข้มข้น 10-40% จะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของสารละลายซี-ไฟโคไซยานินเพิ่มขึ้นจาก 19 นาที ไปเป็น 21.2 นาที และ 44.2 นาที ตามลำดับ ในขณะที่การเติมโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.5% จะมีค่าครึ่งชีวิตมากถึง 67.7 นาที โดยน้ำตาลและเกลือจะไปเคลือบผิวโมเลกุลซี-ไฟโคไซยานินไว้ จึงทำให้สามารถรักษาโครงสร้างเดิมไว้ได้และไม่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยระดับนำร่อง สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าขนาดบ่อเพาะเลี้ยง 200 ลิตร ได้ สำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับที่ใหญ่ขึ้นจำเป็นต้องขยายขนาดอุปกรณ์เพาะเลี้ยงตามอัตราส่วน และต้องศึกษาทดลองขั้นพื้นฐานก่อน

2. การนำผงสีซี-ไฟโคไซยานินไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารควรคำนึงถึงสภาวะในการแปรรูป โดยเฉพาะอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างที่ใช้ เนื่องจากซี-ไฟโคไซยานินเป็นสารประกอบโปรตีนที่สูญเสียธรรมชาติได้ง่ายโดยความร้อนและค่าความเป็นกรด-ด่างที่ไม่เหมาะสม จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการใช้กล้าเชื้อเริ่มต้นที่เตรียมขึ้นใหม่ในการเพาะเลี้ยงในรอบที่ 2 หรือ 3 เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงโดยใช้กล้าเชื้อเดิม

2. ควรศึกษาชนิดและปริมาณของสารอาหารที่เติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงก่อนหน้าเพิ่มเติม เพื่อให้ประสิทธิภาพในการผลิตซี-ไฟโคไซยานินสูงสุด

3. ควรศึกษาชนิดของสารกันบูดหรือสารช่วยถนอมความคงตัวของซี-ไฟโคไซยานินเพิ่มเติม เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพมากที่สุด

4. การประยุกต์ใช้ผงสีซี-ไฟโคไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหาร ควรศึกษาความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์อาหารเพิ่มเติม เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง อาหารผงเป็นต้น

5. ควรวิเคราะห์การสำคัญเชิงสุขภาพ เช่น การต้านอนุมูลอิสระ สมบัติการป้องกันการอักเสบ เป็นต้น