บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

สาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina* sp.) หรือ อาร์โทรสไปร่า (*Arthrospira* sp.) เป็นสาหร่ายที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีโปรตีนปริมาณสูงประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (Shimamatsu, 2004, pp. 39–44) ประกอบด้วยสารโภชนเภสัช (Neutraceuticals) ที่สำคัญอีกหลายชนิด อาทิ รงควัตถุ วิตามิน และเกลือแร่ เป็นต้น มีรายงานว่าสาหร่ายสไปรูลิน่าและสารสกัดของสาหร่ายสไปรูลิน่าแสดงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant effect) ส่งผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน (Immunomodulation effect) แสดงคุณสมบัติต้านทานไวรัส (Antiviral effect) และแสดงคุณสมบัติต้านมะเร็ง (Anticancer effect) (Belay, 2002, pp. 27–48) สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติที่มีโปรตีนมากที่สุดประมาณ 50–70 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าเนื้อสัตว์และปลา นมผง ไข่ ถั่วเหลือง และธัญพืช ซึ่งมีโปรตีนระหว่าง 8–35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่าผนังเซลล์ของสาหร่ายสไปรูลิน่าไม่มีเซลลูโลสจึงทำให้ย่อยได้ง่ายกว่ายีสต์ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่นิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนเช่นเดียวกัน สาหร่ายสไปรูลิน่ามีบีต้าแคโรทีนมากกว่าแครอท 10 เท่า วิตามินบี 12 มากกว่าตับดิบ 4 เท่า และยังมีไนอาซีน ไบโอติน กรดโฟลิก อินซิทอล และวิตามินอี นอกจากนี้ยังมีไขมันและกรดไขมันประมาณ 4–7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันจำเป็นชนิดโอเมก้า 6 (Omega-6) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบ ได้แก่ กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิก ส่วนคาร์โบไฮเดรตพบว่ามีประมาณ 15–25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส แรมโนส แมนโนส ไซโลส และกาแลกโทส นอกจากนี้ยังพบสไปรูแลน (Spirulan) ซึ่งเป็นซัลเฟต พอลิแซ็กคาไรด์ (Sulfated polysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีคุณสมบัติการต้านไวรัส และยังมีแร่ธาตุที่สำคัญอีกหลายชนิด เช่น เหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นต้น

สาหร่ายสไปรูลิน่า ประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ที่สำคัญคือ แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) คลอโรฟิลล์ (Chlorophtlls) และไฟโคไบลิโปรตีน (Phycobiliproteins) โดยมีไฟโคไบลิโปรตีนมากถึง 14–16 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ชนิดที่สำคัญคือซี-ไฟโคไซยานิน (C-phycocyanin) ที่ให้สีน้ำเงินครามหรือฟ้า และอัลโลไฟโคไซยานิน (Allophycocyanin: APC) ที่ให้สีน้ำเงินเข้มโดยประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในสาหร่ายสไปรูลิน่าคือ ซี-ไฟโคไซยานิน และอัลโลไฟโคไซยานิน โดยซี-ไฟโคไซยานินจะมีปริมาณมากกว่าอัลโลไฟโคไซยานิน

หลายเท่าตัวซี-ไฟโคไซยานินยังแสดงคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) ต้านมะเร็ง (Anticancer) และต้านแบคทีเรียก่อโรค โดยซี-ไฟโคไซยานินที่ผลิตได้จากสาหร่ายสไปรูลิน่ามักถูกนำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร ใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับมนุษย์ ใช้ผสมอาหารสัตว์ และบางส่วนใช้เป็นตัวรับรู้ทางวิทยาอิมมูน (Fluorescent probes)

การสกัดซี-ไฟโคไซยานินจากสาหร่ายสไปรูลิน่าสามารถสกัดได้ทั้งเซลล์สดและเซลล์แห้ง โดยวิธีที่นิยมใช้ในการทำให้ผนังเซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่าแตกเพื่อสกัดซี-ไฟโคไซยานินมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การแช่เยือกแข็งสลับกับการละลาย (Repeatedly freezing and thawing, RFT) การใช้คลื่นอัลตราโซนิก การใช้เม็ดแก้วบดขยี้ (Dino-mill) และการใช้ไลโซไซม์ เป็นต้น ภายหลังจากการทำให้ผนังเซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่าแตกจะได้ของเหลวที่ประกอบด้วยเศษเซลล์ รงควัตถุ และองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ซึ่งจะถูกนำไปตกตะกอนโปรตีนต่อไปด้วยสารละลายกรดอินทรีย์เพื่อแยกโปรตีนปนเปื้อนที่ยังหลงเหลืออยู่ จากนั้นจะนำซี-ไฟโคไซยานินหยาบ (Crude C-Phycocyanin) ที่ได้ไปทำบริสุทธิ์ต่อไปด้วยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้นและเหมาะสมต่อการใช้งานด้านต่าง ๆ จากขั้นตอนของการสกัดซี-ไฟโคไซยานินด้วยวิธีการต่าง ๆ จะเหลือกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่า ซึ่งพบว่ายังคงมีสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ในปริมาณสูง โดยเฉพาะโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น รวมถึง β-1,2-glucan ที่ทราบกันดีว่ามีฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกัน รวมถึงกรดไขมันจำเป็น วิตามิน และแร่ธาตุอื่น ๆ อีกหลายชนิด จากการศึกษาของ มณชัย เดชสังกรานนท์, อมรรัตน์ สีสุกอง และสาโรจน์ ศิริศันสนียกุล (2559) พบว่ากากชีวมวลของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เหลือจากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินโดยกระบวนการไดโนมิลล์ (Dino-mill) ยังคงมีโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 61.2 2.6 และ 6.28 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อนำกากชีวมวลดังกล่าวไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซุปสาหร่ายสไปรูลิน่าสกัดเข้มข้นและซุปสาหร่ายสไปรูลิน่าสกัดพร้อมดื่ม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีศักยภาพพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน ดังนั้นเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากกากชีวมวลที่เหลือจากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำกากชีวมวลดังกล่าวมาใช้เป็นเป็นส่วนผสมของการผลิตอาหารเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่มีความหลากหลายและเป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ โดยงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกผลิตภัณฑ์อาหารต้นแบบที่นิยมบริโภคในกลุ่มผู้บริโภคคนรุ่นใหม่ที่รักษาสุขภาพ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแท่ง ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่พัฒนาได้จะประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะแหล่งโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น ซึ่งนอกจากจะเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคแล้วยังเป็นการสร้างมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งโดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์และยังเป็นการกำจัดของของเสียได้อย่างชาญฉลาดด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้กากชีวมวลเหลือทิ้งของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ได้จากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน

2. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่พัฒนาได้

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่พัฒนาได้ในระหว่างการเก็บรักษา

4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่พัฒนาได้

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบโฟโตออโตทรอฟเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารฟังก์ชัน โดยใช้อาหาร Zarrouk medium ในการเพาะเลี้ยง เก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่าโดยใช้ผ้ากรองขนาด 50 ไมครอน แล้วนำชีวมวลสาหร่ายที่ได้มาอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปสกัดซี-ไฟโคไซยานินโดยวิธีการแช่เยือกแข็งสลับกับการละลาย นำส่วนที่เป็นกากเซลล์ที่เหลือจากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบดละเอียดแล้วนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน 3 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแท่งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า นำแต่ละผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. สาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารโปรตีน มีคลอโรฟิลล์ ไม่มีนิวเคลียส ไม่มีราก ไม่มีลำต้น และไม่มีใบที่แท้จริง ต้องการแสงในการเจริญเติบโต ส่วนใหญ่เป็นพวกโฟโตออโตทรอฟที่ไม่สามารถใช้น้ำตาลจากแหล่งภายนอกได้ เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำตื้นโดยเฉพาะน้ำกร่อย หรือน้ำที่มีสภาพด่าง พบได้ทั่วไปในดิน หนองน้ำ น้ำพุร้อน ทะเล และน้ำจืด ที่รู้จักกันดี คือ *S. platensis* และ *S. maxima*

2. ซี-ไฟโคไซยานิน (C-Phycocyanin ; C-PC) เป็นสารประกอบโปรตีนที่ทำหน้าเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงแดดแล้วถ่ายเทพลังงานดังกล่าวผ่านเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (Thylakoid membrane) เข้าสู่ระบบการสังเคราะห์แสงของเซลล์ พบในไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายสีแดงบางชนิด จัดเป็นสารประกอบสีฟ้า เรืองแสงได้ ละลายน้ำได้ สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 615–620 นาโนเมตร และมีการปลดปล่อยแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร แสดงคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง ต้านแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด เป็นต้น

3. อาหารฟังก์ชัน (Functional foods) หมายถึง อาหารหรือองค์ประกอบของอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกเหนือจากที่ได้จากโภชนาการพื้นฐานที่บริโภคกันอยู่ประจำ อาหารฟังก์ชันจึงทำหน้าที่มากกว่าที่บริโภคกันตามปกติในชีวิตประจำวัน มีบทบาทในการลดความเสี่ยงของโรคและช่วยให้มีสุขภาพดี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้กากชีวมวลเหลือทิ้งของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ได้จากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหาร

2. เกิดการต่อยอดเชิงพาณิชย์ ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันจากกากชีวมวลเหลือทิ้งของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ได้จากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินจำหน่ายทางการค้า

3. สร้างมูลค่าเพิ่มเชิงพาณิชย์ให้กับกากชีวมวลเหลือทิ้งของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ได้จากการสกัดซี-ไฟโคไซยานินและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า