บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสไปรูไลนา

สไปรูไลนา(*Spirulina* sp.) หรือสาหร่ายเกลียวทอง เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ที่มีขนาดเล็กมาก เป็นพวกโพรคาริโอท (prokaryotes) ซึ่งยังไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง จัดอยู่ใน Division Cyanophyta Class Cyanophyceae Order Oscillatoriales Family Oscillatoriaceae Genus Spirulina ที่พบมีประมาณ 30 ชนิด ชนิดที่มีรายงานการทดลองและใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ *Spirulina platensis* และ *Spirulina maxima* เป็นเซลล์ขนาดเล็กต่อกันเป็นสาย ไม่แตกแขนง เรียกว่า ไตรโคม (trichome) สายจะบิดเป็นเกลียว อย่างสม่ำเสมอ คล้ายเกลียวสว่าน แต่ผนังเซลล์แต่ละเซลล์บางมากมีหลายชั้น ประกอบด้วยสารมิวโคโปรตีนและเพคติน มีการเคลื่อนที่แบบควงสว่าน มีลักษณะแตกต่างกันหลายชนิด เช่น เกลียวติดกัน เกลียวห่าง บางชนิดคล้ายเป็นเส้นตรง สาหร่ายที่เป็นเกลียวเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ขนาดและรูปร่างก็อาจจะต่างกัน เช่น ลักษณะที่บิดเป็นเกลียวอาจเปลี่ยนไปเป็นเส้นตรง ที่โดยมากมีเม็ดอากาศ (gasvacuole) เล็กๆ จำนวนมากอยู่ภายในเซลล์ ทำให้ลอยตัวได้ดี เคลื่อนที่ได้แบบเลื่อนไถล (Gliding) โดยมีการหมุนรอบ เซลล์ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ทำให้กรดนิวคลีอิกกระจายอยู่ทั่วเซลล์ สไปรูไลนาบางชนิดมีขนาดเล็ก บางชนิดมีขนาดใหญ่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ขนาดความกว้างของเซลล์ 5-10 ไมครอน ความยาว 200-300 ไมครอน เจริญได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย ที่มีสภาพค่อนข้างเป็นด่าง การสืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์ เซลล์ขาดเป็นท่อนบริเวณกึ่งกลางไตรโคม และท่อนที่ขาดสามารถแบ่งเซลล์ใหม่ทำให้สายมีขนาดยาวขึ้น ที่อยู่อาศัยพบได้ในดิน หนอง บึง แหล่งน้ำกร่อย และน้ำจืด สามารถเจริญอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมาก แม้ในบ่อบำบัดน้ำเสียก็สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และในทะเลสาบน้ำกร่อย สำหรับในประเทศไทยมีการกระจายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าภาคอื่นๆ อุณหภูมิที่เจริญดีที่สุด คือ 35-36.5 องศาเซลเซียส ประเทศไทยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้ (เจียมจิตต์,2544) มีคุณค่าทางอาหารสูง ส่วนประกอบที่สำคัญคือโปรตีน 60-70 เปอร์เซ็นต์ โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (หยกแก้ว และคณะ,2531-2534) นิยมนำมาเพาะเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรม นำมาใช้เป็นอาหารของสัตว์และอาหารเสริมของมนุษย์

2.2 ประโยชน์ของสไปรูไลนา

สไปรูไลนามีประโยชน์ในด้านต่างๆดังนี้

2.2.1 เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับมนุษย์ ในหลายประเทศ เช่น เม็กซิโก เปรู เคนยา และเอธิโอเปีย ได้นำมาใช้เป็นอาหารมานานแล้ว พบว่า คนที่รับประทานจะมีสุขภาพดี ฉลาด และอายุยืน ในสไปรูไลนามีสารอาหารต่างๆ สมบูรณ์ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโรคขาดสารอาหารของมนุษย์ได้ ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ โปรตีน สาหร่ายที่ทำแห้งจะมีโปรตีนร้อยละ 70 เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง โดยเป็นโปรตีนชนิดกรดอะมิโนสำคัญ ร่างกายผลิตเองไม่ได้ หรือผลิตได้แต่ไม่เพียงพอ ถึง 8 ชนิด และกรดอะมิโนทั่วไป ที่ร่างกายผลิตได้เองอีก 10 ชนิด จาก 12 ชนิด ทำให้มนุษย์ที่รับประทานสาหร่ายสไปรูไลนาได้รับกรดอะมิโนครบถ้วน นำไปสร้างเป็นเนื้อเยื่อ เอนไซม์ ภูมิต้านทาน และฮอร์โมน เป็นต้น นอกจากนี้สไปรูไลนา รับประทานง่าย ไม่ต้องเคี้ยว

2.2.2 ด้านการแพทย์ ใช้เป็นยาระงับอาการอยากอาหาร ลดการดูดซึมอาหาร สำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วน มีรายงานว่าสามารถป้องกัน ควบคุมและรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคไขมันในเส้นเลือด สำหรับผู้ที่มีคลอเรสเตอรอลหรือไขมันในเลือดสูง ไขมันจะไปเกาะตามผนังเส้นเลือด ทำให้เส้นเลือดแคบลงและเปราะ ขาดความยืดหยุ่น การถ่ายเทโลหิตติดขัด ทำให้เกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดในสมองแตก ผู้ที่ป่วยเป็นโรคดังกล่าวควรลดปริมาณโปรตีนที่มาจากเนื้อสัตว์ ไขมัน เกลือและน้ำตาล และควรเพิ่มอาหารที่มีเส้นใย จากการทดสอบโดยคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยโตไก พบว่า ฟอสฟาติดิล อิโนซิตอล ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในสไปรูไลนา สามารถควบคุมคลอเรสเตอรอล คลอเรสเตอรอลแอลดีเอส และระดับไขมันในเส้นเลือดได้อย่างดี ใช้บำบัดผู้ป่วยโรคตับ โรคเบาหวานที่ขาดอินซูลิน พบว่าโรคเบาหวานที่เกิดจากการขาดอินซูลินทำให้การใช้คาร์โบไฮเดรตลดลง ในขณะที่ระดับกลูโคสในเลือดสูงมาก ผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการรักษาจะมีอาการต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับไต ปลายประสาทและเนื้อเยื่อชั้นในของดวงตา การรักษาโดยการควบคุมอาหารที่รับประทาน ผู้ป่วยต้องลดอาหารลงและเสริมสารอาหารที่จำเป็นในปริมาณที่สมดุลเป็นต้น

2.2.3 เป็นแหล่งอาหารสัตว์ ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในการเลี้ยงสัตว์ กุ้งกุลาดำ ปลา ไก่ เป็นต้น พบว่าการนำมาผสมกับอาหารสัตว์ปกติ เพื่อนำมาเลี้ยงสัตว์วัยอ่อน ลูกกุ้ง ลูกปลา สามารถช่วยให้สัตว์น้ำโตเร็วและมีอัตรารอดดี การนำสาหร่ายเข้มข้น 1 และ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ฉีดเข้าไปในกุ้งกุลาดำ ขนาด 10-15 กรัม สามารถยับยั้งเชื้อไวรัสตัวแดงวงขาวได้ ในสาหร่ายมีสารแคโรทีนอยด์และอนุพันธ์ ซึ่งมีความสำคัญสัตว์ เพราะเป็นพื้นฐานเกี่ยวข้องกับการมองเห็นภาพ การตอบสนองต่อแสง การจำแนกสี แคโรทีนอยด์แบ่งกว้างออกเป็น แคโรทีน ซึ่งประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน เช่น เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) และแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ซีแซนทีน

ฟาร์มใช้ความสูงของอาหารเพาะเลี้ยงเพียง 15 เซนติเมตร เพื่อให้สาหร่ายได้รับแสงทั่วถึง มีใบพัดหมุนด้วยมอเตอร์ หรือใช้เครื่องเป่าอากาศ

ระบบการกวนน้ำ การกวนน้ำหรือการทำให้น้ำหมุนวน ทำให้สาหร่ายทุกเส้นสายมีโอกาสได้รับแสงอย่างทั่วถึง อุณหภูมิของน้ำมีค่าใกล้เคียงกันทั้งภาชนะ มีออกซิเจนเพียงพอสำหรับการหายใจในตอนกลางคืน การกวนน้ำมีหลายวิธีคือ การใช้กังหันรอบช้าๆ ในบ่อรูปไข่ การใช้ใบพัดแบบเข็มนาฬิกา การใช้หัวทราย การใช้ท่อเอสลอนเจาะรูต่อกับเครื่องเป่าอากาศ ข้อควรระวัง ต้องให้การกวนน้ำอย่างทั่วถึงแต่ไม่รุนแรง เพื่อไม่ให้สไปรูไลนาตกตะกอนลงก้นบ่อ ไม่ให้สาหร่ายบอบช้ำหรือตาย ช่วงที่อุณหภูมิสูงระวังอย่างให้น้ำนิ่งเกิน 2 ชั่วโมง เพราะสไปรูไลนาจะลอยขึ้นมาอย่างหนาแน่น ทำให้สังเคราะห์แสงไม่ได้และมีออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ เนื่องจากอากาศร้อนออกซิเจนจากอากาศละลายน้ำได้น้อยลง สไปรูไลนาจะตายได้ (ธิดา, 2546)

2.3.2 อาหารเพาะเลี้ยง สารอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงมีหลายชนิด เช่น

สารอาหารมาตรฐาน สารอาหารที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงได้แก่ อาหารสูตร Zarrouk (Zarrouk's medium) ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2- 1 ส่วนประกอบของอาหารสูตร Zarrouk

ส่วนประกอบของสารอาหาร	ปริมาณที่ใช้ (กรัม/ลิตร)
$NaHCO_3$	16.80
K_2HPO_4	0.50
$NaNO_3$	2.50
NaCl	1.00
$MgSO_4.7H_2O$	0.20
$FeSO_4.7H_2O$	0.01
K_2SO_4	1.00
$CaCl_2.2H_2O$	0.04
EDTA	0.08
A_5Solution	1 ml/l
A_6Solution	1 ml/l

ส่วนประกอบ A_5Solution (กรัม/ลิตร) ประกอบด้วย

ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้(กรัม/ลิตร)
H_3BO_3	2.86
$MnCl_2.4H_2O$	1.80
$ZnSO_4.7H_2O$	0.22
MoO_3	0.01
$CuSO_4.5H_2O$	0.08

ส่วนประกอบ A_6Solution (กรัม/ลิตร) ประกอบด้วย

ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้(กรัม/ลิตร)
NH_4VO_3	22.90
$NiSO_4.7H_2O$	47.8
$Ti(SO_4)_3$	40.0
$Na_2WO_4.2H_2O$	17.9
$K_2Cr_2(SO_4).2H_2O$	96.0
$Co(NO_3)_2.6H_2O$	4.4
น้ำกลั่น	1,000 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้เป็นสาร AR เกรด

สูตรปุ๋ยที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงสไปรูไลนาในปริมาณมาก

สูตรที่ 1 สำหรับเพาะเลี้ยงสไปรูไลนา 1 ตัน

โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)	150	กรัม
ไดโพแทสเซียมหรือไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(K_2HPO_4 หรือ Na_2HPO_4)	30	กรัม
โซเดียมไบคาร์บอเนต($NaHCO_3$)	1,000	กรัม
อามิ-อามิ หรือกากผงชูรสชนิดเจือจาง	500	มิลลิลิตร
หรือชนิดเข้มข้น	100	มิลลิลิตร

สูตรที่ 2 สำหรับเพาะเลี้ยงสไปรูไลนา 1 ตัน

โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)		150	กรัม
ไดโพแทสเซียมหรือไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(K_2HPO_4 หรือ Na_2HPO_4)		30	กรัม
โซเดียมไบคาร์บอเนต($NaHCO_3$)		1,000	กรัม
น้ำทะเลในปริมาณที่ไม่ทำให้เกิดตะกอนขุ่นขาว	ประมาณ	10-50	ลิตร

สูตรที่ 3 สำหรับเพาะเลี้ยงสไปรูไลนา 1 ตัน

โซเดียมไบคาร์บอเนต($NaHCO_3$)	3,000	กรัม
โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)	500	กรัม
ไดโพแทสเซียมหรือไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(K_2HPO_4 หรือ Na_2HPO_4)	150	กรัม
โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)	300	กรัม
โซเดียมคลอไรด์ หรือเกลือแกง (NaCl)	300	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	60	กรัม
แคลเซียมคลอไรด์(CaCl2)	12	กรัม
เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$)	3	กรัม
โซเดียมอีดีทีเอ ($Na_2EDTA.2H_2O$)	24	กรัม
อามิ-อามิ หรือกากผงชูรสชนิดเจือจาง	500	มิลลิลิตร
หรือชนิดเข้มข้น	100	มิลลิลิตร
สารเคมีที่ใช้เป็นเกรดการค้าที่โลหะหนักน้อย		

2.3.3 การเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวสาหร่ายสไปรูไลนาใช้วิธีกรองด้วยผ้ากรองขนาด 60-100 ไมครอน ถ้าละเอียดกว่านี้จะทำให้กรองยาก ใช้เวลานาน ถ้าตาถี่ใหญ่กว่านี้อาจทำให้เส้นสายที่เล็กหลุดผ่านผ้ากรองไปได้ การเลี้ยงในห้องปฏิบัติการหรือระดับเล็กๆ อาจกรองแบบการกรองน้ำกะทิ โดยใช้ผ้ากรองวางในกระชอน แล้วปล่อยให้น้ำไหลผ่านด้วยแรงดึงดูดของโลก แต่ถ้าผลิตในระดับอุตสาหกรรม ขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ใช้ระบบดูดด้วยอากาศ (Vacuum suction pump) น้ำที่เหลือจากการกรองสามารถนำไปใช้เลี้ยงสาหร่ายได้อีก (ยุวดี, 2544) ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมได้เวลาเช้ามืด อากาศไม่ร้อน

2.3.4 การเก็บรักษาสาหร่ายสไปรูไลนาที่เก็บเกี่ยวได้ จะนำมาทำแห้งโดยการตากแดด จะเก็บในรูปเป็นแผ่น หรือบดเป็นผง ส่วนการเก็บสาหร่ายสด จะเก็บไว้ในตู้เย็นช่องธรรมดา หรือใช้วิธีเก็บในช่องแช่แข็ง เก็บในน้ำแข็ง

2.3.5 ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณน้ำฝน การระเหยของน้ำ

แสง แสงที่ใช้ ได้แก่ แสงจากไฟฟ้า หรือแสงจากดวงอาทิตย์ แสงที่ให้ผลดีมากคือแสงจากดวงอาทิตย์ เลี้ยงในห้องปฏิบัติการใช้แสงจากหลอดไฟ ที่มีความเข้มของแสง 8,000 ลักซ์ ถ้าเลี้ยงโดยใช้แสงอาทิตย์ ใช้ความเข้มแสง 10 กิโลลักซ์ ขึ้นไป

อุณหภูมิ อุณหภูมิที่พอเหมาะในการเจริญเติบโต ได้แก่อุณหภูมิ 30-42 องศาเซลเซียส บางสายพันธุ์เจริญในช่วงอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนแตกต่างกันมากสาหร่ายจะเจริญได้ไม่ดี อุณหภูมิสูงเกินไปสาหร่ายจะอ่อนแอและตาย

ความเป็นกรดด่าง สไปรูไลนาเจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5-11.0 ถ้ามีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 7-8 จะมีสาหร่ายชนิดอื่นเจริญร่วมกับสไปรูไลนา ดังนั้นการเลี้ยงอาหารเพาะเลี้ยงควรมีค่าความเป็นกรดด่าง 9.5-10.0

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะของสาหร่ายที่ปรากฏให้เห็น มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดมีสีน้ำเงินเขียวเข้ม กลิ่นคล้ายสาหร่าย ความหนาแน่น 0.35-0.60 กิโลกรัม/ลิตร เป็นเซลล์ที่มีสายยาว สามารถผ่านผ้ากรองขนาด 64 ไมครอน

2.4.1 การศึกษาคุณค่าอาหาร จากรายงานการวิจัยพบว่าสาหร่ายสไปรูไลนามีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยสารต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2-2 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายสไปรูไลนา

	แหล่งที่มา[1] ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)	จีดี-1[2] บ.กรีนไดมอนด์ จำกัด (Zarrouk)	ลินากรีน[2] บ.สยามแอลจีจำกัด (Zarrouk)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่[2] (น้ำกากส่าเหล้า 5%)
โปรตีน	55-70	63.35	55.7	68.63
คาร์โบไฮเดรต	15-25	22.97	-	12.99
ไขมัน	6-8	0.12	6-9	6.57
เถ้า	7-13	6.44	-	6.05
เส้นใย	3-7	1.92	2-4	7.38
ความชื้น	8-10	4.95	-	5.76

หมายเลข 1 ข้อมูลจาก http://www.spirulina.com. 25/7/2545.

หมายเลข 2 ยุวดี, 2544

ตารางที่ 2-3 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายสไปรูไลนา

วิตามิน	Per 10 g	USDV	%DV (%U.S. Daily Value)
เบต้า-แคโรทีน	23,000 IU	5,000 IU	460
เบต้า-แคโรทีน	14 mg	3 mg	460
วิตามินซี	0 mg	60 mg	0
วิตามินดี	1,200 IU	400 IU	300
วิตามินอี	1.0 mg	30 IU	3
วิตามินบี 1 ไทอะมีน	0.35 mg	1.5 mg	23
วิตามินบี2 ไรโบฟราวิน	0.40 mg	1.7 mg	23
วิตามินบี3 ไนอะซิน	1.4 mg	20 mg	7
วิตามินบี6 ไพริดอกซิน	80 mcg	2.0 mg	4
โฟเลต	1 mcg	0.4 mg	0
วิตามินบี12	20 mcg	-	330
ไบโอติน	0.5 mcg	0.3 mg	0
อิโนซิตอล	6.4 mg	*	*
กรดแพนโททีนิค	10 mcg	10 mg	1

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 2-4 แร่ธาตุที่พบในสาหร่ายสไปรูไลนา

แร่ธาตุ ที่พบ ต่อ 10 กรัม / เปอร์เซ็นต์ U.S.Daily Value

แร่ธาตุ	Per 10 g	USDV	%DV
แคลเซียม	70 mg	1,000 mg	7
เหล็ก	15 mg	18 mg	80
ฟอสเฟต	80 mg	1,000 mg	8
ไอโอดีน	* mg	150 mcg	*
แมกนีเซียม	40 mg	400 mg	10
สังกะสี	0.3 mg	15 mg	2
ซีลีเนียม	10 mcg	70 mcg	14
ทองแดง	120 mcg	2 mg	6
แมงกานีส	0.5 mg	2 mg	25
โครเมียม	25 mcg	120 mcg	21
โมลิบดีนัม	* mcg	75 mcg	*
คลอรีน	* mg	3,400 mg	*
โซเดียม	90 mg	2,400 mg	4
ฟอสเฟต	60 mcg	* mg	*
โบรอน	* mg	* mg	*

ตารางที่ 2-5 สารสีที่พบในสาหร่ายสไปรูไลนา

สารสี per 10 grams / เปอร์เซ็นต์รวม

สารสี	สี	Per 10 g	เปอร์เซ็นต์ spirulina
ไฟโคไซยานิน	น้ำเงิน	1,400 mg	14
คลอโรฟิลล์	เขียว	100 mg	1.0
คาโรทีนอยด์	ส้ม	47 mg	0.47

คาโรทีนอยด์ per 10 grams / เปอร์เซ็นต์รวม

สารสี	สี	เปอร์เซ็นต์	Per 10 g	เปอร์เซ็นต์ spirulina
แคโรทีน	ส้ม	54	25 mg	0.25
เบต้า-แคโรทีน		45	21 mg	0.21
แคโรทีนอื่นๆ		9	4 mg	0.04
แซนโทฟิลล์	เหลือง	46	22 mg	0.22
Myxoxanthophyll		19	9 mg	0.09
Zeaxanthin		16	8 mg	0.08
Cryptoxanthin		3	1 mg	0.01
Echinenone		2	1 mg	0.01
Xanthophylls อื่นๆ		6	3 mg	0.03
คาโรทีนอยด์รวม	เหลือง/ส้ม	100	47	0.47

Phytonutrient

Phytonutrient	Composition	Per 10 g	เปอร์เซ็นต์ spirulina
Gamma Linolenic acid	Essential Fatty acid	130 mg	1.3
Glycolipids	Lipid	200 mg	2.0
Sulfolipids	Glycolipid	10 mg	0.1
Polysaccharides	Carbohydrate และ Sugar	460 mg	4.6

ตารางที่ 2-6 กรดอะมิโนชนิด Essential

Essential aminos	Per 10 g	% total
Isoleucine	350 mg	5.6
Phenylalanine	280 mg	4.5
Leucine	540 mg	8.7
Lysine	290 mg	4.7
Methionine	140 mg	2.3
Threonine	320 mg	5.2
Tryptophan	90 mg	1.5
Valine	400 mg	6.5

ตาราง 2-7 กรดอะมิโนชนิด Non- Essential

Non-Essential aminos	Per 10 g	% total
Alanine	470 mg	7.6
Arginine	430 mg	6.9
Aspartic acid	610 mg	9.8
Cystine	60 mg	1.0
Glutamic acid	910	14.6
Glycine	320 mg	5.2
Histidine	100 mg	1.6
Proline	270 mg	4.3
Serine	320 mg	5.2
Tyrosine	300 mg	4.8

Total Amino acids 6.2 กรัม/10 กรัม

www.spirulina.com is sponsored by: Earthrise Farms and Earthrise Trading Co.Inc. ©Copyright 1998 Earthrise®.

ปริมาณโปรตีนจากสาหร่ายสไปรูไลนาที่เลี้ยงสารอาหารต่างกัน มีปริมาณของโปรตีนแตกต่างกัน แต่สาหร่ายสไปรูไลนาไม่ว่าจะเลี้ยงในสารอาหารชนิดใดก็มีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่น เช่น เนื้อสัตว์ ปลา ไข่ เป็นต้น จากผลการทดลองเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนาในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำหมักพืชผักบางชนิดของภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังตารางที่ 2-8 (ยุวดี, 2544)

ตารางที่ 2-8 ปริมาณโปรตีนจากสาหร่ายสไปรูไลนาที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทและน้ำหมักพืชผักบางชนิด

น้ำทิ้งจากโรงงานและน้ำหมักพืชผักบางชนิด	ปริมาณโปรตีน (กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
น้ำกากส่าเหล้า[1]	68.63
น้ำเวย์เต้าหู้[2]	55.41
น้ำเวย์นม[3]	54.54
น้ำหมักผักตบชวา[4]	54.75
น้ำหมักผักตบชวาที่ผสมน้ำกากส่าเหล้า[4]	56.65
น้ำทิ้งจากโรงงานทำกระดาษสา[5]	54.00

1. Peerapornpisal , Y.,S.Chansiriphotha and S. Preongkarn. 1999.
2. Vongsawang,S, and Y. Peerapornpisal, 1991.
3. รพีพรรณ พงษ์เชื้อชิดไทย. 2541.
4. Peerapornpisal, Y.,N. Sunilhong and S. Promkutkaew. 2000.
5. Suwankeeree, S, and Y. Peerapornpisal. 1999.

2.4.2 คุณภาพของสาหร่ายสไปรูไลนา มาตรฐานทางอาหารของสาหร่ายสไปรูไลนา มีดังนี้

ตารางที่ 2-9 มาตรฐานทางอาหารของสาหร่ายสไปรูไลนาที่กำหนดในแต่ละประเทศ

มาตรฐาน	ฝรั่งเศส[a]	สวีเดน[b]	ญี่ปุ่น[c]	Earthrise Farms[d]
ความชื้น	*	*	<7%	<7%
Standard Plate Count	<100,000/g	1,000,000/g	<200,000/g	<200,000/g
รา	*	<1,000/g	*	<100/g
ยีสต์	*	*	*	<40/g
Coliform	<10/g	<100/g	neg	neg
Salmonella	neg	neg	*	neg
Stap	<100/g	<100/g	*	neg

a = Superior Public Hygiene Council of Frence, 1964,1986.

b = Ministry of Health, Sweden.

c = Japan Health Foods Association, auth. By Ministry of Health and Welfere.

d = Earthrise Farms, 1995.

ความหมายสัญลักษณ์

< = น้อยกว่า * = ไม่ได้กำหนด

/g = ต่อกรัม neg = negative

สารโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์ซีนิค ที่ขยายอย่างกว้างขวาง เนื่องจากของเสียจากโรงงาน โลหะหนักนี้มีผลต่อมนุษย์แม้มีเพียงเล็กน้อย มีการเก็บสะสมเป็นเวลานานจนมีผลต่อสุขภาพ มาตรฐานของสารโลหะหนักที่กำหนด ดังตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 เปรียบเทียบผลการตรวจสอบโลหะหนักในสไปรูไลนากับสัตว์ทะเล Single Cell Protein และ Chlorella

แหล่งวัสดุ	ตะกั่ว (ppm)	ปรอท (ppm)	แคดเมียม (ppm)	อาร์ซินิค (ppm)
สัตว์ทะเล (US FDA standard)	-	< 1.0	-	-
Single Cell Protein (UN Protein Advisory Group)	< 5.0	< 0.1	< 1.0	< 2.0
Chlorella (Japan Health Foods Assn)	Total heavy metals : < 200	-	-	-
Spirulina (Japan Health Foods Assn)	Total heavy metals : < 200	-	-	< 2.0

ตารางที่ 2-11 มาตรฐานทางอาหารของ Spirulina ที่ใช้ใน สหรัฐอเมริกา และ ญี่ปุ่น

คุณลักษณะ	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น
ความชื้น	< 7 %	< 7 %
Bacteriological		
Standard plate count	< 200,000/g	< 200,000/g
Mold	< 100/g	< 100/g
Yeast	< 40/g	< 40/g
Coliforms	Neg	Neg
Salmonella	Neg	Neg
Staphylococcus	Neg	Neg
Heavy Metals		
Lead	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm
Arsenic	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm
Cadmium	< 0.05 ppm	< 0.05 ppm
Mercury	< 0.05 ppm	< 0.05 ppm

ตารางที่ 2-11 (ต่อ) มาตรฐานทางอาหารของ Spirulina ที่ใช้ใน สหรัฐอเมริกา และ ญี่ปุ่น

คุณลักษณะ	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น
Insect fragments	< 30/10 g	-
Pesticides	Neg	Neg
Herbicides	Neg	Neg
Dyes	Neg	Neg
Stebilizers	Neg	Neg
Artificial ingredients	Neg	Neg

< = less than

/g = per gram

Neg = negative

Spirulina ที่ทำแห้ง เป็นผง มีสีเขียวเข้ม รสคล้ายสาหร่าย ไม่มีกลิ่น เมื่อนำมาวิเคราะห์มีคุณค่าตามตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2-12 ปริมาณสารอาหารต่ำสุดในสาหร่ายสไปรูไลนาที่ทำแห้ง

สารประกอบ	ค่าประมาณ	วิธีการตรวจสอบ
Protein	55%	AOAC
Total Carotenoids	300 mg/100g	AOAC modified
Chlorophyll-a	900 mg/100g	AOAC modified
Phycocyanin	8,000 mg/100g	DIC method
Vitanin B-12	200 mcg/100g	AOAC (microbio,essay)
Gamma-linolenic acid	900 mg/100g	AOAC
Moisture	Less than 7%	AOAC
Bacteriological assays		
Standard Plate Count	< 200,000/ g	FDA Bacteriological Manual
Molds	< 100/ g	FDA Bacteriological Manual
Yeast	< 40/ g	FDA Bacteriological Manual
Coliforms	< 3/ g	FDA Bacteriological Manual
Salmonella	Negative	FDA Bacteriological Manual
Staphylococcus	Negative	FDA Bacteriological Manual

2.5 กรอบแนวคิดของงานวิจัย