الطحالب غذاء المستقبل

يعيش الإنسان على اليابسة التى تمثل ربع مساحة مسطح الأرض ، أما ما تبقى من مساحة سطح الأرض فهى مغطاة بمياه مالحة أو عذبة وفيها تعيش معظم أحياء الأرض. الطحالب من أحياء الماء وتعتبر أول سلسلة الغذاء لكافة الأحياء المائية ، وبين الأحياء المائية يتجه الفكر الإنسانى للبحث عن الغذاء بعد أن شحت اليابسة بإنتاجها، فمعظم سكان السواحل يعتمدون اعتماداً كبيراً على ما تنتجه البحار ، وفى حديثنا الحالى سنركز اهتماماتنا على الغذاء النباتى الممكن الحصول عليه من الأراضى المغطاة بالمياه ، ذلك أن الغذاء الحيوانى البحرى من أسماك وقشريات وأصداف وحيوانات بحرية أخرى قد شملتها دراسات متعددة ، وأن إستغلالها بالصيد والاستزراع يتم على نطاق واسع ، أما الغذاء على المنتجات النباتية من البحار فإنه لم يلقى النصيب الوافى من الاهتمامات والدراسات.

تنتمى معظم النباتات التى تنمو بالمياه إلى مجموعة الطحالب ، وقد نالت دراسة الطحالب اهتماماً كبيراً خلال القرن الماضى فوصف ما يزيد عن سبعة عشر ألفاً من الأنواع ، نال بعضها إهتمامات خاصة من الناحية الغذائية. وللحكم على أهمية الطحالب كمستقبل غذائى للإنسان سوف نجرى مقارنة بسيطة بينها وبين النباتات الراقية التى نقوم بزراعة بعض أنواعها باليابسة.

تعتمد الزراعة التقليدية على قدرة النباتات المنزرعة على تثبيت الكربون الجوى والموجود فى صورة غاز ثانى أكسيد الكربون والاستفادة من الطاقة الشمسية فى إنتاج المواد العضوية ، بعكس الحيوانات والفطريات والبكتيريا التى تحتاج فى نموها وحياتها إلى الطاقة الكامنة فى المواد الغذائية العضوية والتى تقوم النباتات بتصنيعها أصلا. الطحالب تقوم فى البحار والمحيطات بنفس مهمة النباتات الخضراء على اليابسة فهى مصدر الطاقة والغذاء العضوى لسائر سكان البحار

والمحيطات من كائنات حيوانية. ويمكن للطحالب أن تقدم للإنسان نفس المهام التى تقدمها النباتات الخضراء الزهرية فى عالمنا الحالى وفى عالم المستقبل المزدحم بالسكان. تعتبر النباتات الخضراء أول درجات السلم الغذائى ، بدونها لا يمكن أن تتم حياة حيوانية على وجه الأرض ، حيث أنه أثناء عملية التحول الغذائى الضوئى تخزن بعض الطاقة الشمسية فى المادة العضوية المتكونة فى صورة طاقة كامنة تستفيد منها الكائنات الحيوانية عند تغذيتها عليها.

الإشعاعات الشمسية التى تسقط سنوياً على مساحة هكتار من الأرض سواء أكانت أرضاً يابسة أو مغطاة بالمياه تعادل 17.4 مليار كيلو كالورى* ، تثبت منها النباتات المنزرعة فى المناطق المعتدلة ما يعادل 0.1 إلى 0.5 % فقط فى صورة طاقة كامنة بالمواد العضوية المتكونة بالنباتات ، ولا تزيد الكمية المستفادة من تلك الطاقة المثبتة فى المادة العضوية ، من الناحية الغذائية عن النصف.

وتعتبر النموات النباتية الخضراء بنظمها الدقيقة ومحتوياتها من الصبغات القادرة على اجتذاب الطاقة الشمسية وبمجموعة الأنزيمات التى تكونها والقادرة على تصنيع الغذاء وتحويله إلى صوره التخزينية ، مصانع للغذاء على أعلى درجة من الكفاءة. وكأى مصنع فإنه من الضرورى أن تتوفر له المواد الخام لتصنيع المنتج. والمواد الخام المكونة للمادة العضوية الأولى ؛ وهى عادة من المواد السكرية المتكونة من عناصر الكربون والإيدروجين والأكسوجين ، عبارة عن غاز ثانى أكسيد الكربون والماء. الماء تحصل عليه النباتات الأرضية من التربة عن طريق الجذور ، وتحصل عليه الطحالب من كافة أسطح أجسامها ، سواء الملاصقة للماء أو المعرضة للهواء الجوى. وغاز ثانى أكسيد الكربون تحصل عليه الطحالب المغمورة فى الماء من الغاز الذائب فى الماء ، بينما تحصل عليه النباتات الأرضية من الجو. يعمل الماء كمصدر لعنصر الأيدروجين ، الذى يعمل بدوره

---

* كيلو كالورى = 1000 كالورى أى 1000 سعر حرارى

على هدرجة غاز ثانى أكسيد الكربون وتحويله إلى مادة عضوية ، وأثناء ذلك ينطلق غاز الأكسوجين ، الذى يعمل بدوره على تنقية الجو وتحسين صفات الماء ورفع كفاءته فى تنفس أحيائه.

$$6\,O_2 + C_6H_{12}O_6 \longleftarrow 6\,H_2O + 6\,CO_2$$

يحتوى الهواء الجوى من غاز ثانى أكسيد الكربون على نسبة 0.03 إلى 036 %، وإلى هذه النسبة الضئيلة يرجع الفضل فى وجود كافة الأحياء على اليابسة. ويعتقد العلماء أنه إذا تضاعفت هذه النسبة مع توفير باقى الظروف الملائمة فإن معدلات التمثيل الضوئى لمختلف النباتات ستتضاعف أيضا ؛ بمعنى أن يتضاعف الإنتاج النباتى ؛ أى يتضاعف أيضا الاستفادة من الطاقة الشمسية. ينطبق هذا الكلام على ثانى أكسيد الكربون الذائب فى الماء بالنسبة للنباتات المائية.

النباتات التى تعتمد معظم شعوب الأرض عليها فى الغذاء تمثل نسبة ضئيلة جدا من أنواع نباتات المملكة النباتية المنتشرة طبيعيا فى الأرض. ومعظم النباتات المختارة للغذاء ، اختارها القدماء وتوارثها الأبناء جيلا بعد جيل ، مع إحداث تحسينات وراثية فيها نتجت عن قيام الزراع عادة باختيار أفضل ما نتج عن زراعته للحصول منه على تقاوى للمحصول التالى. ومع التقدم العلمى الحديث أمكن إحداث تحسينات وراثية جذرية باستخدام طرق الوراثة وتربية النباتات والهندسة الوراثية ، مما نتج عنه تحسين كبير فى إنتاجية المحاصيل كما ونوعا. من هذه النباتات المختارة نستفيد من أجزاء محدودة منها فى الغذاء فى معظم الأحوال ، قد تكون ثمارها وقد تكون بذورها أو أوراقها أو جذورها أو سيقانها. ومن هذه الأجزاء التى تؤكل نجد أن مادة السليلوز المكونة لمعظم الجدر النباتية يعجز جهازنا الهضمى عن الاستفادة منها.

لا يعمل النبات ككل فى صناعة الغذاء ، بل تقوم بذلك أجزاء محدودة من النباتات المنزرعة ، ألا وهى أنصال الأوراق والتى تعتبر مصانع الغذاء الرئيسية

فى النبات. عند تنمية المحاصيل الحقلية بغرض إنتاج الغذاء ، نجد أن أكبر طاقة امتصاص وتمثيل للغذاء تحدث خلال فترة قصيرة من عمر النبات ، وتكون هذه الفترة قرب نهاية فترة النمو الخضرى وقبل الحصاد ، وعند توفر الظروف المطلوبة لذلك ، فى حين أنه فى مزارع الطحالب فإنه فى أى يوم من نموها إذا ما توفر الغذاء وتوفرت الإضاءة المناسبة فإن درجة امتصاص المحلول الغذائى وتمثيله تكون عالية.

النظرة الأولى على فكرة استخدام الطحالب فى تغذية الإنسان نظرة جذابة ، ذلك أن دورة الطحالب فى النمو دورة سريعة ، وبالتالى فإنه يالإمكان الحصول على محصول وفير من نفس وحدات الضوء الساقط على مزرعة الطحالب أو من نفس المساحة ولنفس الزمن ، مقارنة بالمحاصيل الزراعية التقليدية. وترجع زيادة معدلات نمو الطحالب عن النباتات الزهرية تحت الظروف البيئية الملائمة لكل منهما ، إلى أن النباتات الزهرية تضيع جزءاً كبيراً من نموها فى تكوين أنسجة واقية وأخرى دعامية وثالثة ناقلة ، كما يستنفذ جزء كبير من الطاقة المتحصل عليها فى عمليات نقل الغذاء من أماكن تصنيعه إلى أماكن تخزينه ، فى حين أن نسبة ضئيلة فقط من أنسجة النبات الراقى هى التى تقوم بمهمة تصنيع الغذاء. أما فى حالة الطحالب فمعظم نموها يتكون من أنسجة تمثيلية تحتوى على كلوروفيل وتعتبر مصانع الغذاء ، ولا تستهلك ، فى معظم الحالات ، طاقة فى نقل أو تخزين الغذاء ، فهى لا تحتوى على أنسجة خاصة ناقلة للغذاء.

مما سبق يتضح معه أن النبات الطحلبى كله أو معظمه مبرمج لتصنيع الغذاء وتخزينه فى أماكن تصنيعه ، مما يترتب عليه ارتفاع معدلات الاستفادة من الطاقة الشمسية فى تكوين الغذاء ، كذلك فإنه من المتيسر التحكم صناعيا فى الإضاءة عند زراعة بعض أنواع الطحالب صناعيا. تصل الطحالب إلى أعلى مستوى من النمو السريع فى وقت قصير إذا ما قورنت بالنباتات الراقية ، مما يمكننا من الحصول

على عروات عديدة من الطحالب المنزرعة فى موسم النمو الواحد ، وكمية المحصول الجاف الناتج من عروة واحدة من الطحلب تعادل غالبا كمية المحصول الجاف الناتج عن نبات راقى فى موسم النمو ، من نفس وحدة المساحة المنزرعة. لكن بالنسبة لتعدد العروات الطحلبية فى الموسم الواحد نجد أن كمية المحصول الطحلبى تصبح أضعاف كمية محصول النبات الراقى.

تمتاز الطحالب عن النباتات الراقية من حيث القيمة الغذائية وذلك لارتفاع محتواها الغذائى الكربوايدراتى والبروتينى ، فبالنسبة للوزن الجاف نجد أن معظم الطحالب تحتوى على 2 إلى 10 أضعاف محتوى معظم النباتات الراقية من البروتين.

جدول 1

القيمة الغذائية لبعض الطحالب المجففة *

الطحلب	ماء %	بروتين %	دهون %	كربوايدرات %	ألياف %	رماد %
طحلب ميكروسكوبى نوستوك *Nostoc commune*	10.6	20.9	1.2	55.7	4.1	7.5
طحالب كبيرة خس البحر *Ulva lactuca*	18.6	14.9	0.1	50.6	0.2	15.6
فيوكسى *Fucus vesiculosus*	12.4	5.0	2.0	62.0	5.5	13.1
لامينارىا *Laminaria* spp.	23.5	5.8	1.1	41.9	6.7	21.0
بورفيرا *Porphyra tenera*	17.1	27.5	0.8	44.3		10.3

* تحتوى الطحالب الطازجة على 80 – 90 % ماء

من حيث المحصول البروتينى الناتج عن وحدة المساحة خلال وحدة زمنية نجد أن الطحالب تعطى من 6 إلى 30 ضعف محصول بروتين النباتات الراقية. ومن الملاحظ أن النوع الواحد من الطحلب يتوقف كمية إنتاجه من البروتين على الظروف البيئية وبخاصة على مكونات بيئة التغذية ، ففى أحد التجارب على طحلب كلوريللا بيرونويدوزا *chlorella pyrenoidosa* تراوحت نسبة البروتين من 7.3 إلى 88.22 % من الوزن الجاف الخالى من الرماد. تزداد كفاءة الطحلب لإنتاج البروتين كثيرا إذا ما قورنت بكفاءة تنمية محاصيل المراعى عند استغلالها فى تنمية الحيوانات للحصول على بروتين حيوانى.

جدول 2
محصول البروتين من مصادر مختلفة
الناتج عن زراعة هكتار خلال عام ، مقدرا بالكيلوجرام

مصدر البروتين	وزن بروتين جاف	بروتين لحوم على نفس المصدر
طحلب سبيرويولينا	24300	2180
طحلب كلوربللا	15700	1410
طحالب خيطية مختلفة	20000	1800
أوراق برسيم	1680	150
نباتات مراعى	670	60
فول سودانى	450	
بسلة	395	
قمح	300	
لبن مواشى مغذاة على مراعى	100	
لحوم مواشى مغذاة على مراعى	60	

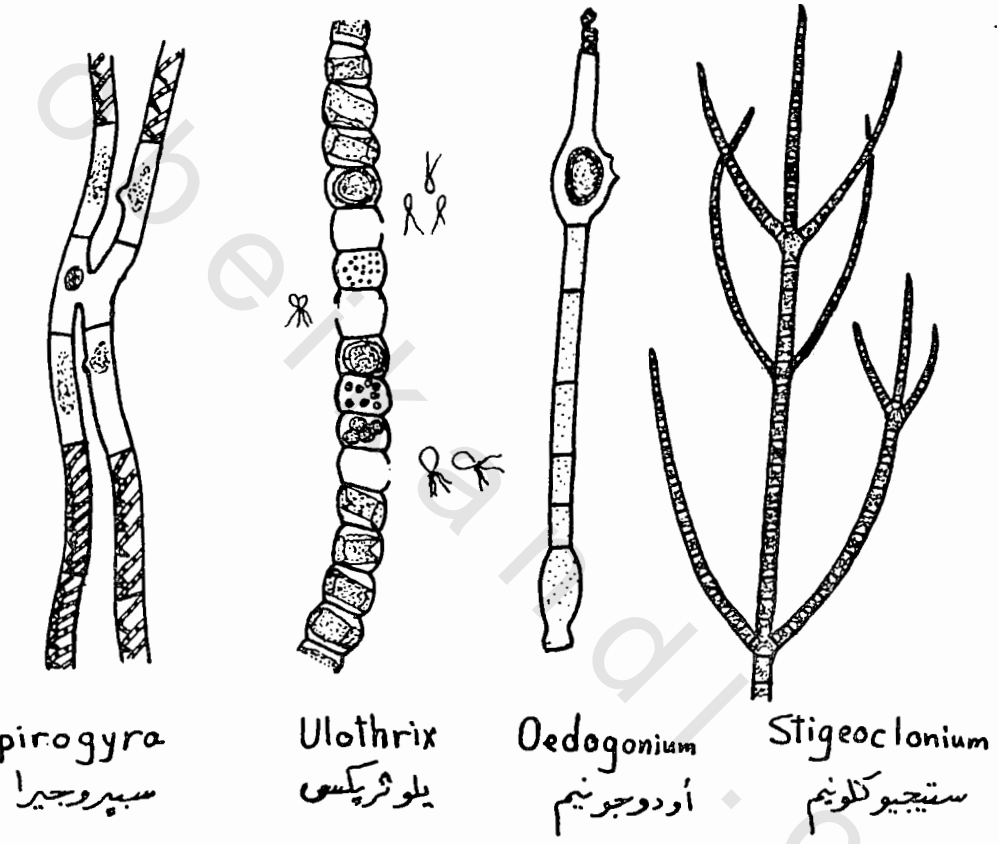
ولمقارنة المساحات اللازمة لإنتاج بروتين كاف لتغذية شخص واحد سنويا ، علما بأن الفرد البالغ يحتاج يوميا إلى حوالى 80 جرام بروتين ، أى 29.2 كيلو جرام بروتين سنويا نجد أن المساحات المطلوبة لذلك تقل كثيرا فى حالة الطحالب مقارنة بالنباتات الراقية.

جدول 3
المساحات اللازمة لإنتاج بروتين كافى لشخص واحد سنويا
مقدرة بالمتر المربع من مصادر مختلفة

مصدر البروتين	المساحة المطلوبة
طحلب سبيريولينا	12
طحلب كلوريللا	17.5
طحالب خيطية مختلفة	14.6
أوراق برسيم	173
فول سودانى	620
بسلة	740
قمح	970
لحوم مواشى منماة على برسيم	1950
لحوم مواشى منماة على مراعى	4870

لكى يتغذى الفرد على بروتين حيوانى فقط فإنه يحتاج إلى 1950 مترا مربعا ، أى حوالى 2 دونم أو حوالى 11 قيراط تزرع برسيما وتنمى عليها ماشية ، فى حين أنه إذا أمكن تنمية طحلب مثل سبريولينا بلاتنسس *Spirulina platensis* على نفس المساحة لأمكننا الحصول على بروتين يكفى لتغذية 162 شخصا ، أما إذا زرعت نفس المساحة بطحالب خيطية مختلفة لأمكننا الحصول على بروتين يكفى

لتغذية 133 شخصا ، وإذا زرعت نفس المساحة بالفول السودانى فإن ما نحصل عليه من بروتين سيكفى ثلاثة أشخاص فقط.



شكل 6 : طحالب خيطية مختلفة ممكن الحصول منها على بروتينات

إضافة إلى ما ذكر من أن الطحالب غنية فى محتواها البروتينى والكربوإيدراتى، فإن الطحالب غنية أيضا بالفيتامينات وبخاصة فيتامينات A ، C ، H . كذلك فإن الطحالب البحرية لها قدرة عالية على امتصاص اليود من ماء البحر وتخزينه فى

أنسجتها. ويعتبر اليود أهم عنصر يمكن الغدة الدرقية من إنتاج الثيروكسين thyroxine ، الهرمون الذى ينظم معدل البناء فى الجسم ، كما يحدد سرعة قيام غدد الجسم الأخرى بوظائفها. هذا ويعزو البعض عدم وجود مرض تضخم الغدة الدرقية بين أفراد الشعب اليابانى إلى كثرة استخدام الأهالى للطحالب كغذاء ، حيث تتكون أكلتهم الرئيسية من أرز وسمك وأعشاب بحرية. وقد استخدم الأطباء الصينيون القدامى حشائش البحر فى علاج مرض تضخم الغدة الدرقية منذ أكثر من ثلاثة آلاف عام. ويرجح البعض ارتفاع مستوى الذكاء عند اليابانيين إلى غذائهم البحرى.

سؤال يطرح نفسه ... من الناحية الاقتصادية للإنسان ككل ، هل من الأصلح التغذية على الطحالب ، أم التغذية على الأسماك؟

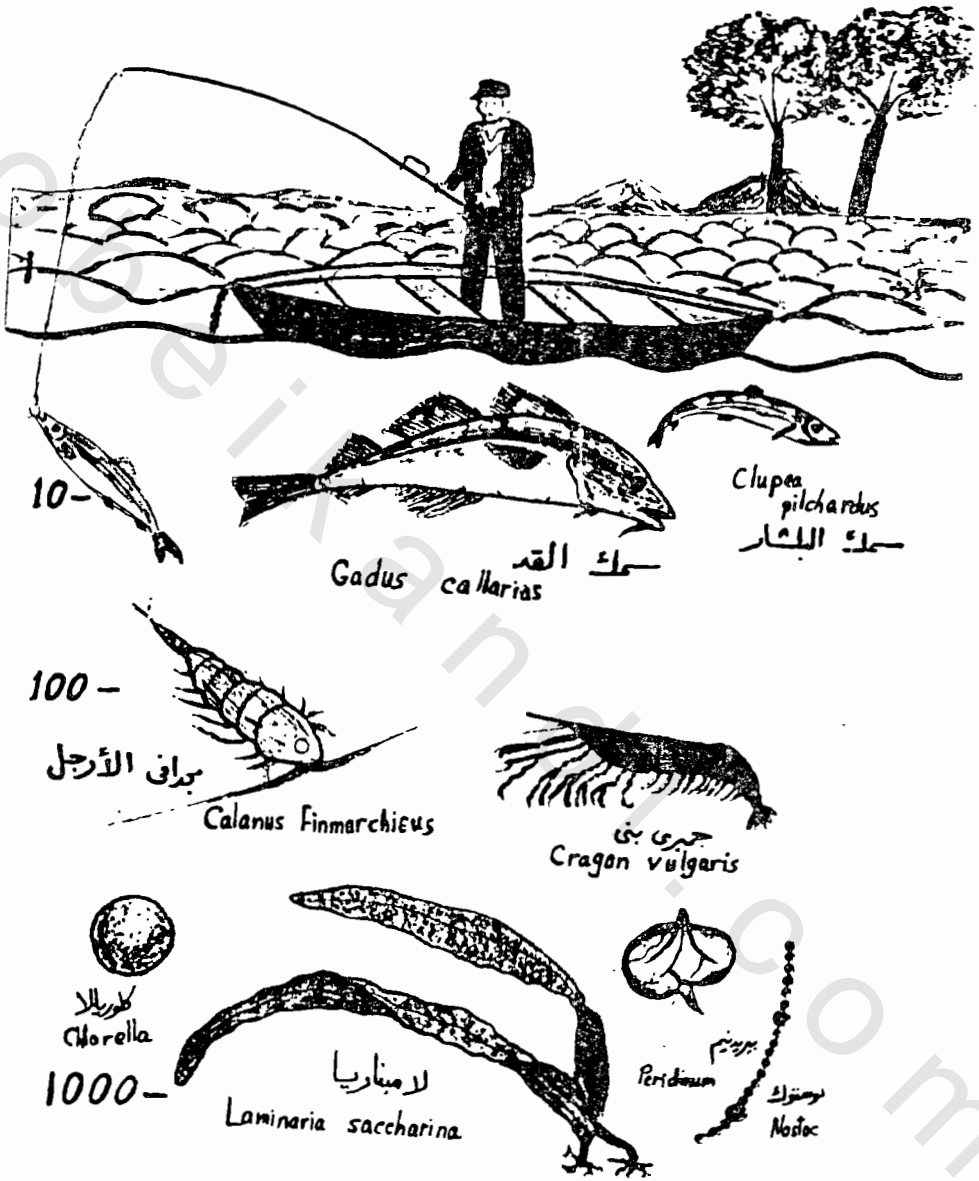
أجاب على هذا الاستفسار العالم الأمريكى تيفانى Tiffany سنة 1968 ، وذلك بتقديره للطاقة الغذائية لبحيرات ولاية أوهايو Ohio الأمريكية ، والتى تقدر مساحاتها بحوالى 200 ألف فدان ، وذلك فى حالة إستغلالها بزراعة الطحالب والاستفادة منها مباشرة كمصدر للطاقة ، وفى حالة تربية أسماك بالبحيرات تتغذى على تلك الطحالب فوجد الآتى :

1 - المحصول السنوى للطحالب بالبحيرات فى حالة زراعتها بالطحالب فقط يقدر بمليار رطل.

2 - الطاقة الكامنة فى محصول الطحالب الناتج يعادل 300 مليار كالورى.

3 - المحصول السنوى للأسماك بالبحيرات فى حالة زراعتها بالأسماك يقدر بحوالى 28 مليون رطل.

4 - الطاقة الكامنة فى محصول الأسماك يعادل 14 مليار كالورى.



شكل 7 : الفقد النسبى فى المادة العضوية نتيجة تغذية أحياء على أحياء

يتضح من ذلك أن نسبة الطاقة المتحصل عليها من الطحالب والأسماك تعادل 1 : 21 لصالح الطحالب. الأسماك التى تعيش فى تلك البحيرات قد تتغذى على طحالب نامية ، وقد تتغذى على أسماك أخرى أو حيوانات بحرية أخرى.

وعموما فإن تغذية كائن حى على كائن حى آخر يؤدى إلى حدوث نقص نسبى فى المادة العضوية بالبحيرة تقدر بحوالى 90 % ، ولهذا نجد أن الفقد فى المادة العضوية وبالتالى فى الطاقة الكامنة يزداد كلما بعدت الشقة بين الطحالب والحيوان البحرى الذى يعيش بالبحيرة.

obeikandl.com