غذاء من طحالب ميكروسكوبية

تزايد سكان الأرض ... إشتد الطلب على الغذاء ... أصبح أمر تدبيره مشكلة تؤرق بال السياسيين والاقتصاديين وتشغل بال المفكرين والعلماء ... تركز التفكير فى إتجاهين ، أولهما العمل على إيقاف أو تحديد التزايد السكانى ، وثانيهما العمل على الوفاء بمتطلبات الشعوب من الغذاء بتنمية مصادره التقليدية والبحث عن مصادر جديدة. وفى هذا الفصل من الكتاب أسلط الضوء على مصدر جديد للغذاء، نال إهتمام بعض الباحثين ... مصدر غير تقليدى ، ليس مما نعرف ونأكل من نباتات وحيوانات ، وإنما هو من كائنات نباتية صغيرة ، غاية فى الصغر ... لا ترى أفرادها بعيوننا المجردة ... لا تشعر بها حواسنا إلا فى تجمعات كبيرة ، هذه الكائنات هى طحالب ميكروسكوبية.

قد يظن البعض ، للوهلة الأولى أن الطحالب الدقيقة ، وهى تلك الكائنات الصغيرة جداً ، والتى تحتاج أفرادها إلى مجاهر تقوم بتكبيرها فى نظرنا مئات المرات ، هى مصدر ضعيف للغذاء. تنمو بعض هذه الطحالب فى المياه العذبة ، وتنمو بعض أنواعها فى مياه مالحة ، وتعرف مع غيرها من نباتات الماء الصغيرة غير المثبتة فى القاع والتى لا تتحرك حركة ذاتية واضحة وإنما حركتها الواضحة تنتج عن حركة الماء ، بالعوالق النباتية وتسمى علمياً بالفيتوبلانكتونات phytoplanktons ، تمييزاً لها عن العوالق الحيوانية والتى تعرف علمياً بالزوبلانكتونات zooplanktons . هذه العوالق ، نباتية وحيوانية لها من القيمة الغذائية ما يجعل أكبر المخلوقات الحية المعروفة حالياً وعلى مر العصور تعتمد فى تغذيتها إعتماداً كلياً عليها. هذه الكائنات العملاقة هى الحيتان الزرقاء التى تصل فى أطوالها إلى أكثر من 35 متراً ، وتصل فى أوزانها إلى أكثر من 180 طناً. الحيتان الزرقاء آكلة العوالق أكبر كثيراً من الفيلة ، التى يصل وزن الفرد منها إلى

خمسة أطنان ، وأكبر من الديناصورات أكبر كائنات اليابسة ظهورا على الأرض والتى قدر أوزان بعضها بثمان وثلاثين طنا٠ تعيش الحيتان الزرقاء على الكائنات الدقيقة البحرية والتى تشتمل على قشريات صغيرة وطحالب ميكروسكوبية وغيرها من العوالق ٠٠٠ يفتح الحوت فمه الضخم ، فيبتلع عدة أطنان من ماء البحر بما تحتويه من كائنات عالقة ٠٠٠ يغلق الحوت فمه على ما فيه من ماء ٠٠٠ يمر الماء بمساعدة اللسان إلى سقف الحلق خلال صفائح متقاربة مبطنة بشعور دقيقة ، تعمل كمرشحات تقوم بحجز العوالق المختلفة ٠٠٠ يخرج الماء بعد أن تم فصل كثير مما كان يحمله من عوالق نباتية وحيوانية من فتحة علوية على هيئة نافورة قوية٠ أما ما تم فصله من عوالق فهو غذاء الحوت٠

لماذا الطحالب الميكروسكوبية ؟

الطحالب الميكروسكوبية ، قد تكون وحيدة الخلية وقد تكون عديدة الخلايا٠ تعيش هذه الطحالب فى المياه العذبة وكذلك المالحة ، وتمتاز باحتواء خلاياها على معدلات مرتفعة من صبغات الكلوروفيل الخضراء التى توجد غالباً داخل عضيات تعرف بالبلاستيدات الخضراء ، ما عدا فى الطحالب الزرقاء المخضرة حيث يكون الكلوروفيل حراً فى السيتوبلازم٠ تصل نسبة صبغات الكلوروفيل فى الطحالب الميكروسكوبية إلى 4 – 6 % من الوزن الجاف ، مما يرفع من كفاءة هذه الطحالب فى عملية التمثيل الضوئى وإنتاج المركبات العضوية ، بالمقارنة بنبات البرسيم الحجازى الذى تقل به نسبة صبغات الكلوروفيل والذى يستخدم عادة فى الإنتاج التجارى للكلوروفيل ، مما يبرر إستخدام هذه الطحالب فى الحصول على الكلوروفيل مع الاستفادة من باقى الطحلب فى إنتاج الغذاء٠ بجانب صبغات الكلوروفيل الخضراء تحتوى كثير من هذه الطحالب على صبغات أخرى ، قد تكون صفراء أو زرقاء أو حمراء أو بنية٠ ووفقاً لنوعية الصبغات السائدة تصنف

الطحالب المختلفة. ففى طحلب كلوريللا *Chlorella* ، وهو من مجموعة الطحالب الخضراء ، سجل البعض إحتوائه على 1200 جزء فى المليون من صبغة بيتا كاروتين beta carotene الصفراء اللون ، وهى تعادل نفس نسبة الكاروتين فى الجزر المجفف ، وتقل هذه النسبة فى البرسيم الحجازى المجفف حيث تصل إلى 200 - 300 جزء فى المليون.

درست بعض أنواع الطحالب الميكروسكوبية التى تبشر بنجاح مستقبلى كغذاء دراسة مستفيضة ، وبخاصة الطحلب كلوريللا. وقد أظهرت الدراسات المختلفة تميز الطحالب الميكروسكوبية على النباتات الخضراء العادية من الناحية الغذائية فى بعض النواحى.

تستفيد الطحالب الميكروسكوبية من الضوء بدرجة أعلى بكثير من درجة استفادة النبات الراقى منه ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع المحتوى الكلوروفيلى فى الطحلب مقارنة بالنبات الراقى. كذلك فإن استفادة النبات الراقى من الضوء لا يصل إلى أفضل مستوى له إلا فى مرحلة معينة من العمر ، وبتوفر أنسب الظروف البيئية من ضوء وحرارة ورطوبة ومعدلات غاز ثانى أكسيد الكربون أثناء تلك المرحلة ، ومن الصعب التحكم فى الظروف البيئية للنبات الراقى. أما بالنسبة للطحالب الميكروسكوبية ، فقد وجد أن معدلات تثبيت الطحالب للطاقة الشمسية تزيد بمقدار الضعف على الأقل عن النباتات الراقية. زيادة على ذلك فإن قصر فترة الاستفادة الكاملة من الضوء فى النباتات الراقية ، يحدد درجة الاستفادة الكلية من الضوء ، مقارنة بالطحالب الميكروسكوبية التى تستفيد من الضوء بصفة مستمرة ، مما ينتج عنه زيادة كبيرة فى المحصول الطحلبى عن محصول النبات الراقى. ولهذا أمكن التوصل إلى إنتاج طحلبى جاف يصل إلى 20 جرام يومياً من المتر المربع ، أى 84 كيلوجرام من الفدان يومياً (200 / كجم / هكتار / يوم). وهذا الناتج من الطحلب الميكروسكوبى يمكن الاستفادة منه جميعاً كغذاء ، بخلاف النبات

الراقى الذى يؤكل منه أجزاء محدودة ، فالقمح تؤكل حبوبه فقط ، والفول والبسلة تؤكل بذورها ، والبطاطس تؤكل درناتها ، واللفت والبنجر تؤكل جذورها ، والفاكهة تؤكل ثمارها .

معدلات المواد البروتينية فى الطحالب الميكروسكوبية مرتفعة ، إذ كثيراً ما تزيد عن 50 % من أوزانها الجافة ، وخاصة إذا ما توفر عنصر النيتروجين فى مكونات بيئة التغذية . لا يكفى أن تكون نسبة البروتينات فى الطحلب مرتفعة ليعتبر الطحلب ذو قيمة غذائية عالية ، بل من الضرورى أن تحتوى هذه البروتينات على معدلات متوازنة من الأحماض الأمينية الأساسية . تتكون البروتينات من حوالى 20 حمض أمينى متصلة فى سلسلة واحدة ، من هذه الأحماض الأمينية تسعة تعتبر أساسية وهذه يجب توفرها فى غذاء الإنسان ، ولهذا فإن البروتينات النباتية تعتبر أقل قيمة من البروتينيات الحيوانية لنقصها فى بعض الأحماض الأمينية الأساسية والتى تتوفر جميعها فى البروتينات الحيوانية . وقد وجد أن الطحالب الميكروسكوبية تحتوى بروتيناتها على الأحماض الأمينية الأساسية ، وهى ثمانية للأشخاص البالغين ؛ فينايل ألانين phenylalanine وليوسين leucine وفالين valine وليسين lysine وأيزوليوسين isoleucine وثريونين threonine وتريبتوفان tryptophane وأرجينين arginine . ويضاف إلى ما سبق الحمض الأمينى هستيدين histidine الأساسى للأطفال . ومن المميزات الأخرى لبروتينات الطحالب الميكروسكوبية إنخفاض أوزانها الجزيئية ، مما يعنى سهولة هضمها .

جدول 4

تقدير معدلات البروتينات وأهم ما بها من أحماض أمينية (%) فى طحلب كلوريللا *chlorella pyrenoidosa* مقارنة بفطر الخميرة *Torula* ولحم بقرى مقدرة على أساس الوزن الجاف

البروتين أو الحمض الأميني	طحلب كلوريللا	فطر توريولا	لحم بقرى
بروتين	42	44	60
فينابل ألانين	2.0	3.2	5
ليوسين	2.9	5.6	8
فالين	2.6	4.5	5.5
ليسين	2.3	5.5	10
أيزوليوسين	1.7	4.6	6.0
ثريونين	2.0	4.0	5.0
تربتوفان	0.6	1.1	1.4
أرجينين	2.2	3.9	7.7
هستيدين	0.6	1.5	3.3
ميثيونين	0.5	0.8	3.2

وعموما فإن بروتينات الكائنات الميكروسكوبية والتى يطلق عليها بروتينات الخلية الواحدة single cell protein ، تعانى إنخفاضا فى معدلات الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت وبخاصة الميثيونين ، والذى يلاحظ إنخفاض معدلاته أيضا فى النباتات الراقية ، ولحسن الحظ فقد أمكن صناعيا تحضيرَ هذا الحمض الأمينى من مواد غير زراعية• وحاليا يضاف حمض ميثيونين المصنع لعلف الدواجن ، أما بالنسبة لأعلاف الماشية فقد اتضح عدم أهمية هذه الإضافة ويعتبر الميثيونين حمض أمينى غير أساسى للماشية ، وذلك لإمكانية الحيوانات المجترة فى تكوينه مع غيره من الأحماض الأمينية الأساسية بالنسبة للإنسان•

يقابل النقص فى الحمض الأمينى ميثيونين فى بروتينات الخلية الواحدة زيادة فى الحمض الأمينى ليسين.

زراعة الطحالب الميكروسكوبية

منذ إستخدم الفطر أسبرجيللس نيجر *Aspergillus niger* سنة 1919 فى إنتاج حمض الستريك بدأ التفكير فى إدخال الكائنات الدقيقة فى الهندسة الكيميائية chemical engineering. وقد تمت أول محاولة فى إستخدام الطحالب الميكروسكوبية فى هذا المجال بمعهد أبحاث ستانفورد Stanford Res. Inst. فى الأعوام 1948 – 1950 بعمل مزارع طحلبية. وفى عام 1951 أمكن زراعة طحلب كلوريللا وأمكن التوصل إلى معدل إنتاج سنوى من هذا الطحلب المجفف قدر بـ 17.5 طن من الفدان فى السنة (حوالى 42 طن / هكتار / سنة). وحاليا تجرى زراعة طحلب كلوريللا فى بلدان عديدة تشمل ألمانيا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية. وفى دراسات لاحقة أمكن زيادة محصول كلوريللا بإحداث تعديلات فى بيئة النمو والحصول على 70 جرام من المتر المربع يوميا أى 255 طن/ هكتار / سنة.

ساعد على الإهتمام بزراعة الطحالب الميكروسكوبية قلة إحتياجاتها المائية مقارنة بإحتياجات المحاصيل الحقلية ، فقد قدر أن إنتاج وحدة بروتين من نبات حقلى تحتاج إلى كمية ماء تزيد عن عشرة أمثال الماء المتطلب لإنتاج هذه الوحدة من بروتين طحلبى ميكروسكوبى ، مما يعطى أفضلية لزراعة هذه الطحالب كمصدر للبروتين فى المناطق الجافة. فى دراسة لمالك Malek عام 1978 ، قارن فيها محاصيل حقلية مختلفة بطحلب ميكروسكوبى ، من حيث إستهلاكها للماء وإنتاجها للبروتين خلال مائة يوم ، وجد أن الطحلب الميكروسكوبى أقلها إستهلاكا للماء بدرجة كبيرة بالنسبة لإنتاجيتها من البروتين

جدول 5
الاحتياجات المائية لمحاصيل مختلفة ومدى إنتاجيتها للبروتين
خلال مائة يوم

المحصول	إستهلاك الماء (طن) لكل طن بروتين	إنتاج البروتين كجم / هكتار
طحلب ميكروسكوبى	1250	8000
برسيم	8400	500
فاصوليا	9400	500
ذرة علف	11200	400

تنمى الطحالب الميكروسكوبية فى محاليل مائية مذاب فيها بعض الأملاح غير العضوية المحتوية على العناصر الغذائية الضرورية لنمو الطحلب ، وهى نفس العناصر الضرورية لنمو النباتات الراقية والتى تعطى للنباتات فى صورة أسمدة ، وتشمل أملاح نتروجينية وفوسفاتية وبوتاسية وغيرها٠ وتكتمل الاحتياجات الغذائية للطحلب بتوفر غاز ثانى أكسيد الكربون بوسط النمو٠ وقد وجد أنه يلزم للحصول على كيلوجرام واحد وزن جاف من الطحلب تحت الظروف البيئية الملائمة توفر كيلوجرامين من غاز ثانى أكسيد الكربون الجوى أو المذاب فى المحلول المغذى ، كما يستهلك الطحلب فى نفس الوقت حوالى 40 جرام من النتروجين فى صورة نترات أو أمونيوم أو يوريا٠ ويعتبر ضوء الشمس أو أية إضاءة أخرى صناعية مماثلة ضرورية لتكوين المواد السكرية والتى يتحول بعضها إلى مواد عضوية أخرى ، وخلال النمو الطحلبى تخزن بعض الطاقة الضوئية فى صورة طاقة كامنة٠ ويلاحظ أن معظم النمو الطحلبى يحدث فى طبقات رقيقة قريبا من سطح المحلول المغذى٠

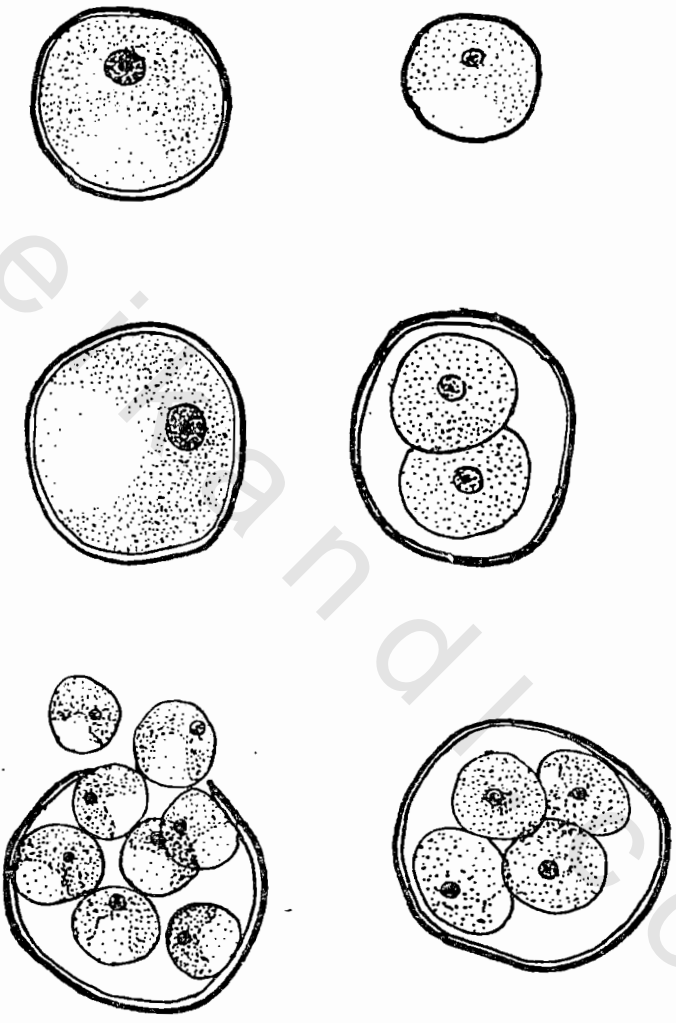
إهتم العلماء بزراعة الطحالب الميكروسكوبية لسد النقص فى الاحتياجات الغذائية وبصفة خاصة البروتينية منها. من هذه الدراسة التى نالت أهتمامات العلماء ، الطحالب كلوريلا *Chlorella* (شكل 8) وسبيريولينا *Spirulina* وسندسمس *Scenedesmus* (شكل 9).

طحلب كلوريللا : الكلوريللا طحلب أخضر وحيد الخلية كروى الشكل غير متحرك سريع التكاثر. تتحول الخلية الطحلبية عند التكاثر إلى كيس جرثومى ، ينقسم ما به من بروتوبلازم إلى بروتوبلاستين ثم إلى أربعة بروتوبلاستات ثم يصبح بداخل الكيس ثمان بروتوبلاستات ، بعدها ينفجر جدار الكيس الجرقومى ، وتنطلق البروتوبلاستات ، وتحاط كل منها بجدار وتصبح كل منها خلية طحلبية. لا يعرف لهذا الطحلب تكاثر تزاوجى.

نال هذا الطحلب إهتمام كثير من العلماء والباحثين ، ورأى البعض فيه وسيلة لحل مشكلة النقص الغذائى العالمى ، خاصة بالنسبة لشعوب المناطق الفقيرة فى العالم ، ورأى البعض فيه حلا لمشاكل متعددة فى المعيشة لمدد قد تطول فى رحلات وسفن الفضاء وللحياة داخل الغواصات لمدد طويلة فى أعماق البحار.

تحت ظروف النمو المثالية تصل أعداد طحلب كلوريللا إلى حوالى 18 مليار فرد فى اللتر الواحد من المحلول المغذى ، وقطر كل فرد منها يتراوح ما بين 4 إلى 8 ميكرون. ويمكن لهذه الأعداد أن تتضاعف كل 24 ساعة إذا ما توفر الغذاء والعوامل البيئية الملائمة.

طحلب الكلوريللا الجاف له طعم ورق الشاى الأخضر وكذلك بعض الخضروات النيئة مثل فاصوليا الليما والقرع المستدير ، ويمكن للطاهى الماهر تغيير طعمه بإضافة التوابل المختلفة ، كما يمكن إضافته إلى حساء الدواجن. القيمة



شكل 8 : طحلب كلوريللا فى أطوار مختلفة من نموه وتكاثره

الغذائية لهذا الطحلب مرتفعة حيث تحتوى خلاياه على حوالى 50 % من وزنها الجاف بروتين ، وذلك عند زراعته فى بيئة محتوية على مصدر نتروجينى كاف. وتشتمل بروتينات طحلب كلوريللا على الأحماض الأمينية الأساسية (جدول 4) ، إلا أن الحمض الأمينى الكبريتى ميثيونين كميته منخفضة نوعا ما. كذلك فإن هذا الطحلب ذو قيمة فيتامينية عالية (جدول 6).

جدول 6
معدل الفيتامينات فى طحلب كلوريللا بيرينويدوزا

الفيتامين	الكمية فى الرطل
كولين	1370 ملليجرام
كاروتين	218 ملليجرام
نياسين	815 ملليجرام
ريبوفلافين	213 ملليجرام
بيريدوكسين	10.4 ملليجرام
ثيامين	7.8 ملليجرام
حمض بنتوثنيك	6.4 ملليجرام
بيوتين	67.0 ميكروجرام
فيتامين B_{12}	27.5 ميكروجرام

فى حالة زراعة طحلب كلوريللا على بيئة فقيرة فى مصدر نتروجينى نجد أن التركيب الكيماوى للطحلب يختلف كثيرا ، فتقل معدلات البروتين كثيرا ، وتزداد معدلات الدهون كثيرا ، وقد تصل نسبة الدهون إلى 86 % من الوزن الجاف مقارنة بنسبة 20 – 25 % تحت ظروف البيئة المثالية. نوعية الدهون التى يكونها للطحلب تشبه لحد كبير الدهون النباتية ، إلا نسبة عدم التشبع تزيد فى الطحلب عن نسبتها فى

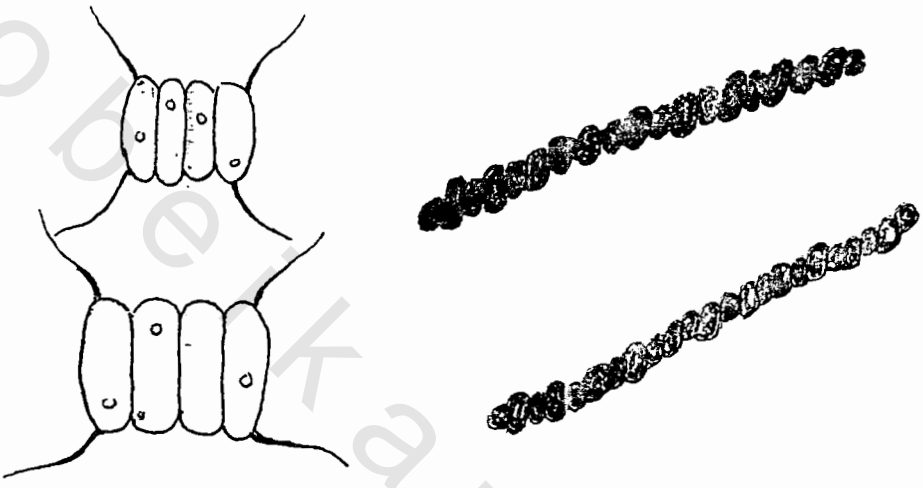
معظم المحاصيل النباتية ، فنجد بالطحلب أن نسبة حمض اللينوليك linolenic acid تصل إلى 55 % وحمض اللينوليك linoleic acid تصل إلى 21 %.

بالنسبة للمحتوى الكربوايدراتى فإنه يقل عادة عن 20 % ، فطحلب كلوريلا يخزن المواد الكربوايدراتية فى صورة دهون بدلاً من النشا ، وأن جدر خلايا الطحلب تحتوى على معدلات ضئيلة من السليلوز وتحتوى على بكتين.

طحلب سبيريولينا : طحلب سبيريولينا من الطحالب الزرقاء المخضرة القريبة الشبة بالبكتيريا نظراً لعدم وجود نواة مميزة ببروتوبلازمها. الطحلب وحيد الخلية حلزونى الشكل ، تحتوى خلية الطحلب بجانب الكلورفيل والكاروتين على الصبغة الزرقاء فيكوسيانين ، وقد يحتوى أيضاً على الصبغة الحمراء فيكو إرثرين. وهو من الطحالب الميكروسكوبية التى تبشر بنجاح فى مجال التغذية. ينمو طحلب سبيريولينا طبيعياً فى البحيرات المالحة بتشاد والمكسيك ، حيث يجمع من البحيرات غير العميقة والغنية فى البيكربونات. يجمع الأهالى الطحلب النامى على سطح البحيرات ، ثم يجففونه فى الشمس ، ويؤكل كنوع البسكويت ، ويستخدم كطعام غنى فى الكربوإيدرات والبروتينات.

درس هذا الطحلب بفرنسا ، وقد قدر المحصول الجاف منه بحوالى 44 كيلوجرام للفدان يومياً ، أى حوالى 105 كجم / هكتار / يوم ، تزداد صيفاً إلى حوالى 56 كجم/ فدان/ يوم ، أى حوالى 133 كجم/ هكتار/ يوم. ويقدر المحتوى البروتينى لهذا الطحلب بحوالى 65 % من الوزن الجاف. وبمقارنة المحصول البروتينى السنوى المنتج من مساحة هكتار بغيره من المصادر ، نجد أنه يصل إلى حوالى 24 طناً من طحلب سبيريولينا الجاف مقابل 450 كيلوجراما من محصول فول سودانى و 300 كيلوجراماً من محصول قمح ، ومقابل 60 كيلوجراماً فقط من بروتين اللحم البقرى المنمى على هكتار مراعى (جدول 2). أما إذا ما قارنا

المساحة اللازمة لإنتاج بروتين يكفى لتغذية شخص واحد سنويا ، نجد أننا نحتاج لمساحة 12 متر مربع فقط لزراعته بالطحلب مقابل لمساحة 4870 مترا مربعا لزراعتها مراعى تستغل لتنمية ماشية (جدول 3)٠



شكل 9 : طحلبى سبيريولينا (يمين) وسندسمس (يسار)

من المعاملات الهامة التى تعقب زراعة الطحالب الميكروسكوبية ، هى الكيفية التى يمكن بها فصل الطحلب النامى عن وسط النمو ، ثم تجفيفه عقب ذلك٠ وقد وجد أنه بالإمكان فصل الطحلب المنزرع بواسطة الطرد المركزى، لكن ثبت أن الفصل بالطرد المركزى عملية مكلفة نظرا لأن النمو الطحلبى يكون نسبة ضئيلة من المحلول المغذى ، فهو يوجد بمعدل 100 إلى 300 ملليجرام باللتر ، وأحيانا تتعقد عملية الفصل عند تجمع فقاعات أكسوجين بكثرة تنتج عن التمثيل الضوئى للطحلب ، فيلتصق الطحلب بالفقاعات ويطفو أعلى السائل بدلا من ترسيبه٠ وأحيانا يكشط النمو الطافى وبذلك يمكن رفع تركيز معلق الطحلب من 0.1 – 0.3

جم / لتر إلى 30 – 60 جم / لتر فى الجزء المكشوط. وقد وجد أن أنجح طريقة لفصل الطحلب هى بالترشيح ، ويتم ذلك خلال نسيج رقيق شبكى. يعقب ذلك عملية التجفيف للتخلص من باقى المحلول المغذى والحصول على مسحوق ناعم أو حبيبى. ومن الأفضل فى حالة استخدام المنتج لتغذية الحيوانات أن يكون الناتج حبيبى.

مستقبل الطحالب الميكروسكوبية فى عصر الفضاء

خلال عام 1954 قامت دراسات فى جامعة كاليفورنيا بالاشتراك مع البحرية الأمريكية لدراسة إمكانيات الإستفادة من الطحالب الميكروسكوبية فى تعديل جو الغواصات الذرية التى تبقى مددا طويلة تحت سطح الماء بالمياه البحرية العميقة ، وذلك بغرض تثبيت نسب وجود كل من غازى الأكسوجين وثانى أكسيد الكربون فى جو الغواصة ، إذ أنه من المعروف أن تنفس الإنسان فى الحيز المقفول ؛ غير المتجدد الهواء سوف يؤدى إلى الإقلال المتواصل من أكسوجين الهواء الضرورى للتنفس والزيادة المستمرة فى غاز ثانى أكسيد الكربون ، مؤديا ، بعد فترة تختلف حسب حيز الفراغ بالغواصة وعدد الأشخاص المتواجدين ، إلى حتمية الهلاك ما لم يجدد الهواء أو يضخ أكسوجين بالجو الداخلى. إستخدم فى هذه الدراسة طحلب كلوريللا السابق توضيح إمكانياته الغذائية ، فوجد أن مائة لتر من المعلق النامى من هذا الطحلب ، إذا ما نمى الطحلب ، تحت إضاءة صناعية قدرها 800 وات ، داخل الغواصة ، يمكنها أن تستهلك 720 لترا من غاز ثانى أكسيد الكربون ، وفى نفس الوقت سوف ينتج عن نموها إمداد جو الغواصة بحوالى 600 لتر من الأكسوجين ، وهذه الكمية من الأكسوجين هى الكمية التى يحتاجها شخص زنته 70 كيلوجرام أثناء تنفسه ، وأثناء ذلك سينتج 20 جرام من طحلب الكلوريللا الجاف الغنى بالبروتين ، يمكن الاستفادة منه غذائيا.

النتائج السابقة يمكن تطبيقها أيضا على رحلات سفن الفضاء المسافرة فى رحلات طويلة. وعموما فإن الطحالب الميكروسكوبية يمكنها أن تؤدى أربعة أغراض هامة فى سفن الفضاء والغواصات وغيرهما من الأماكن المغلقة ، وذلك بأن تقوم بنفس الدور الذى تقوم به النباتات البرية والبحرية فى دورة الحياة على الكرة الأرضية وذلك كالآتى :

أولا : القيام بعملية التمثيل الضوئى بالاستعانة بإضاءة صناعية ، حيث تقوم الطحالب بسحب غاز ثانى أكسيد الكربون ، من الجو ، الناتج عن تنفس الرواد ، وتعيد فى نفس الوقت إمداد جو الحيز المغلق بغاز الأكسوجين الضرورى لتنفس الرواد.

ثانيا : تزويد الرواد بمصدر مستمر للطاقة والبروتين بإستخدام محصول الطحلب كغذاء مكمل لما يحملونه من أغذية.

ثالثا : التخلص من فضلات الإنسان ، وخاصة فى الرحلات الطويلة ، وذلك بتحليلها أولا إلى مركبات بسيطة غير عضوية مستخدمين فى ذلك كائنات دقيقة رمية ، ثم إستخدام المركبات البسيطة الناتجة عن التحلل السابق كبيئة صالحة لتنمية الطحالب الميكروسكوبية.

رابعا : الإقلال من الوزن الكلى لمحتويات السفينة عند الانطلاق ، وذلك بالاستغناء عما كانت ستحمله السفينة من غاز الأكسوجين المضغوط ، ومن بعض كميات من الغذاء. ومن الأشياء الهامة بالنسبة لسفن الفضاء الإقلال من الوزن الكلى للسفينة عند إطلاقها ، ذلك أنه كلما زاد وزن السفينة كلما تطلب ذلك زيادة فى كمية الوقود الضرورى لعملية الإنطلاق للفضاء الخارجى. وقد وجد أن كل كيلوجرام من وزن السفينة يحتاج إلى ثلاثة كيلوجرامات ونصف من الوقود لإطلاقها للفضاء.

لهذا فإنه من المحتمل فى المستقبل القريب ، عند التخطيط لرحلات فضائية طويلة ، أن تحتوى السفن الفضائية المسافرة وكذلك المحطات الفضائية التى سيعيش فيها الإنسان لمدد طويلة ، أن تحتوى هذه السفن والمحطات الفضائية على وحدات لزراعة الطحالب الميكروسكوبية ، مما سيترتب عليه توفير كبير فى تكاليف الرحلات التى ستكلف بنقل الأكسوجين والغذاء ، إضافة إلى أثر هذه الطحالب على أقلمة هواء الناقلات والمحطات الفضائية ليصبح شبيها بالجو على سطح الكرة الأرضية.

الوضع الحالى للطحالب الميكروسكوبية

يصلح الإنتاج الحالى من الطحالب الميكروسكوبية للإستخدام المباشر فى تغذية الحيوانات المجترة كالماشية والأغنام. وتقدر الزيادة فى لحوم الحيوانات المجترة المغذاة على محصول طحلبى ميكروسكوبى ناتج من مساحة معينة من أرض مستغلة لزراعة الطحلب بما يزيد عن عشرة أمثال المحصول الناتج عن تغذية هذه الحيوانات على نفس المساحة المنزرعة بمحصول علف تقليدى كالبرسيم أو على أرض مراعى (جدول 5).

وبالنسبة للإنسان فإن طحلب مثل كلوريللا يمكن إعطاؤه للإنسان البالغ فى حدود 30 جرام وزن جاف يوميا ، وهذه الكمية تعادل 15 جرام بروتين ، على أن تستكمل باقى إحتياجاته البروتينية من مصادر أخرى. ولإنتاج هذه الكمية من بروتين الطحالب الميكروسكوبية لتغطية إحتياجات سكان العالم المقدر عددهم حاليا بحوالى ستة مليارات نسمة فإننا فى حاجة إلى زراعة حوالى 2 مليون هكتار من طحلب ميكروسكوبى مثل كلوريللا. وعموما فإن تغذية الإنسان على الكائنات الدقيقة والتى تشمل الطحالب الميكروسكوبية تبشر بمستقبل زاهر.