A Comparison between two type of cyanobacteria culture media used for growing of *Anabaena variabilis* in laboratory.

Maya Slami[*]
Dr. Abdulkarim Ayash[**]
Dr. Haitham Yazaji[***]
Dr.Nawal Ali[****]

(Received 14 / 9 / 2025. Accepted 8 / 2 /2026)

□ ABSTRACT □

The cyanobacteria *Anabaena variabilis* were cultured in a two different types of culture media, namely the (BG-11) Blue-Green medium11 widely used worldwide, and another modified medium is indicated by the symbol the Modified Cyanobacteria Culture Medium (MCC) in which micro elements were dispensed with and replaced with fertile agricultural soil filtrate, which was sterilized and analyzed. The number of cells (biomass) and the amount of chlorophyll (chl.a, chl.b) in the bacterial cell were compared in the two types of culture media used under the same other growing conditions.

The number of cells of *A. variabilis* in the (MCC) modified medium in the day 12 reached about (10^7 cells/ml) and was higher than that of the cells in the (BG-11) medium, which reached (10^6 cells/ml). The amount of chlorophyll (chl.a) in the (MCC) modified medium in the day 12 reached about (0.97mg/ml) and was higher (0.72 mg/ml) than its counterpart in the (BG-11) medium, and the same was true for chlorophyll (chl.b), as the amount reached (0.45mg/ml) in the (MCC) modified medium, compared to (0.39 mg/ml) for (BG-11) medium.

Keywords: *Anabaena variabilis*, (BG-11) medium, (MCC) modified medium, biomass, chlorophyll concentration (chl.a, chl.b).

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **PhD Student - Department of Plant Biology - Faculty of Science - Latakia university(formerly Tishreen) - Syria. mayaslame29@gmail.com**
****Professor - Department of Plant Biology - Faculty of Science - Latakia university(formerly Tishreen) - Syria.**
*****Professor - Departement of Laboratory medicine - Faculty of Human Medicine - Lattakia university(formerly Tishreen) - Syria.**
******Professor - Department of Plant Biology - Faculty of Science - Latakia university(formerly Tishreen) - Syria.**

مقارنة بين نوعين من الأوساط المغذية المستخدمة في استنبات البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* مخبرياً.

مايا سلامي*

د. عبد الكريم عياش**

د. هيثم يازجي***

د. نوال علي****

(تاريخ الإيداع 14 / 9 / 2025. قبل للنشر في 8 / 2 / 2026)

ملخّص

تم استزراع البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* (Cyanobacteria) على نوعين مختلفين من الأوساط المغذية وهما الوسط (BG-11) (Blue-Green Medium 11) المستخدم عالمياً على نطاق واسع، و وسط آخر معدل تمت الإشارة إليه بالرمز (MCC) Modified Cyanobacteria Culture Medium حيث تمّ الاستغناء فيه عن العناصر الكيميائية النادرة واستبدالها برشاحة تربة زراعية خصبة تم تعقيمها وتحليلها. تمّتّ مقارنة عدد الخلايا (الكتلة الحيوية) وكمية اليخضور (chl.a, chl.b) لدى البكتيريا الزرقاء على نوعي الأوساط الزرعية المستخدمة تحت ذات الشروط البيئية الأخرى.

بلغ عدد خلايا بكتيريا *A. variabilis* في الوسط المعدل (MCC) في اليوم الثاني عشر من عمر المزرعة حوالي (10^7 خلية/مل)، وكانت أعلى من تلك الخلايا في الوسط (BG-11) التي بلغت حوالي (10^6 خلية/مل) خلال ذات الفترة الزمنية. بلغت كمية اليخضور (chl.a) في الوسط المعدل (MCC) في اليوم الثاني عشر من عمر المزرعة حوالي (0.97 ملغ/مل)، وكانت أعلى من مثيلتها في الوسط (BG-11) إذ بلغت (0.72 ملغ/مل)، وكان الأمر كذلك بالنسبة لليخضور (chl.b)، إذ وصلت كميته إلى (0.45 ملغ/مل) في الوسط المعدل (MCC) مقارنة ب (0.39 ملغ/مل) للوسط (BG-11).

الكلمات المفتاحية: *Anabaena variabilis*، الوسط (BG-11), الوسط المعدل (MCC)، الكتلة الحيوية، اليخضور (chl.a, chl.b).

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **طالبة دكتوراه ،قسم علم الحياة النباتية – كلية العلوم – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) اللاذقية – سوريا.**
mayaslame29@gmail.com

** **أستاذ- قسم علم الحياة النباتية – كلية العلوم – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) اللاذقية – سوريا.**

*** **أستاذ- قسم الطب المخبري – كلية الطب البشري – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) اللاذقية – سوريا.**

**** **أستاذ- قسم علم الحياة النباتية – كلية العلوم – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) اللاذقية – سوريا.**

مقدمة:

تعد البكتيريا الزرقاء Cyanobacteria مجموعة من الكائنات بدائيات النوى Prokaryotes التي نشأت منذ 3مليار سنة [1]، وتنمو في العديد من البيئات الرطبة مثل (حقول الأرز، على الصخور، ضفاف الأنهار، البحيرات البرك ، الخزانات) [2]. كما تحافظ على مواقعها في عمود الماء باستخدام استراتيجيات توجيه دقيقة تعتمد على الضوء والجاذبية وعوامل أخرى[3]. تعد البكتيريا الزرقاء من الكائنات الحية الأكثر كفاءة في التركيب الضوئي وإنتاجاً للكتلة الحيوية وبالتالي فهي تشكل هدفاً واعداً لإنتاج العديد من المستقلبات الثانوية الهامة طبياً [4]، كما تعد من الكائنات الدقيقة التي تساهم في رفع خصوبة التربة بسبب مقدرة العديد من أنواعها على تثبيت غاز النتروجين الجوي وتقديمه على هيئة نترات للعديد من نباتات المحاصيل التي تنمو معها في ذات الحقل [5]. تعد البكتيريا الزرقاء من جهة أخرى كائنات ذاتية التغذية الضوئية إذ تحتوي خلاياها على اليخضور، وتتطلب الضوء والكربون غير العضوي والماء كمصدر لإلكترونات بالإضافة إلى النتروجين والفوسفور والكبريت والعديد من العناصر النادرة (حديد، كوبالت، نحاس، مغنيزيوم، زنك وغيرها) الهامة لنموها وإنتاجها للمستقلبات الثانوية على أمثل وجه [6،7].

تمثل بكتيريا (*Anabaena variabilis*) أحد أنواع البكتيريا سالبة صبغة غرام والذي يشار إليه على أنه من أهم وأكثر الأنواع المنتجة لمجموعة كبيرة من المستقلبات الثانوية. تتجمع البكتيريا في أشكال خيطية قادرة على القيام بعملية التركيب الضوئي وتثبيت النتروجين [8].

يعد تركيب الوسط المغذي المستخدم في تنمية البكتيريا الزرقاء مخبرياً ذو تأثير كبير في نمو هذه البكتيريا وقيامها بعملية التركيب الضوئي، ويساعد وجود العناصر المغذية اللازمة لنموها المتنوعة وبنسب ملاءمة في بقاء هذه البكتيريا حية وفعالة بيولوجياً لمدة طويلة من الزمن [9].

يعد وسط (BG–11) من أكثر الأوساط استخداماً بشكل عالمي لاستنبات البكتيريا الزرقاء لاحتوائه على العديد من العناصر الغذائية التي تحتاجها هذه البكتيريا في نموها وقيامها بعملياتها الحيوية المختلفة [10]، ولكن تم تسجيل حالات عدم نمو جيد لهذه البكتيريا في هذا الوسط، ولوحظ انخفاض في إنتاجيتها ومعدلات التركيب الضوئي في خلاياها [11]، قد يعود ذلك لكون هذا الوسط يحوي على نسبة قليلة من النتروجين الضروري لنمو البكتيريا، أو بسبب الحاجة إلى أنواع إضافية مختلفة من العناصر النادرة، أو بسبب الحاجة إلى الحفاظ على درجة pH مناسبة طيلة حياة خلايا المزرعة البكتيرية. استناداً إلى ما تقدم كان الحافز في البحث عن أوساط جديدة لاستنبات البكتيريا الزرقاء بشكل أفضل وتكلفة أقل.

أهمية البحث وأهدافه:

- العمل على إيجاد وسط مغذي جديد للبكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* بحيث تكون إنتاجية الخلايا فيه أعلى وتكلفته أقل مقارنةً بالوسط (BG-11) المستخدم عالمياً.
- الاقتراب بالشروط المخبرية أكثر فأكثر من شروط نمو هذه البكتيريا في الحقل من خلال استخدام رشاحة تربة خصبة طبيعية بدلاً من إضافة العناصر الكيميائية النادرة الصناعية غالية الثمن إلى الوسط.
- استخدام المعايير الفيزيولوجية في مقارنة نتائج النمو في كلا الوسطين المغذيين (وسط BG-11 ، وسط معدل MCC) من خلال قياس الكتلة الحيوية وكمية اليخضور (chl.a, chl.b).

طرائق البحث ومواده:

1- تنمية البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis*:

تم الحصول على البكتيريا *Anabaena variabilis* معزولة ومصنفة من معهد غوتينجن - ألمانيا لتنمية الطحالب والبكتيريا الزرقاء Goettingen Cynobacteria and Algal Culture Collection, Germany ، وجرى تنميتها في مخابر كلية العلوم في قسم علم الحياة النباتية بجامعة اللاذقية على نوعين من الأوساط المغذية المستخدمة وذلك ضمن غرفة تنمية العوالق النباتية (درجة حرارة 23°م، رطوبة نسبية 70%، 14 ساعة ضوء/10 ساعة ظلام مع تهوية خفيفة وتحريك).

2- تركيب الأوساط المغذية:

وسط (BG-11) Blue-Green Medium 11: جرى تحضير هذا الوسط عن طريق إضافة كميات محددة من الأملاح الآتية إلى ليتر ماء مقطر ومعقم:

العناصر الأساسية (عناصر الوفرة): $NaNO_3$ 1.5g، $CaCl_2.2H_2O$ 0.036g، Na_2CO_3 0.02g، $MgSO_4.7H_2O$ 0.075g، K_2HPO_4 0.04g، $EDTA.Na_2.2H_2O$ 0.001g، $[NH_4]y[Fe_x(C_6H_4O_7)]$ 0.012g

العناصر النادرة: جرى تحضير ليتر واحد محلول رئيس من العناصر النادرة، ثم تمت إضافة 1 مل من كل محلول إلى ليتر من المحلول المغذي الحاوي على العناصر الأساسية: H_3Bo_3 2.86g، $Mncl_2.4H_2O$ 1.81g، $ZnSO_4.7H_2O$ 0.222g، $Na_2MoO_4.2H2O$ 0.39g، $CuSO_4.5H_2O$ 0.079g ، $Co(NO_3)_2.6H_2O$ 0.049g

وتم ضبط الرقم الهيدروجيني pH على الدرجة 7.4 ثمّ تم التعقيم بالأوتوغلاف (درجة حرارة 121ْم وضغط جوي 1 كغ/سم^2 لمدة 21 دقيقة).

وسط مغذي معدل للبكتيريا الزرقاء Modified Cyanobacteria Culture Medium (MCC): تم أخذ تربة زراعية خصبة خالية من الشوائب من تربة حديقة كلية العلوم في جامعة اللاذقية، وجرى تحليلها في مركز البحوث الزراعية في منطقة الهنادي باللاذقية، وكانت نتائج تحليل التربة الزراعية المستخدمة كما هو موضح بالجدول (1).

الجدول (1): نتائج تحليل التربة الزراعية المستخدمة.

العمق 1:2.5 م		غرام \ 100 غرام تربة	جزء بالمليون (ppm)		
Ph	EC ميلي موس\سم	المادة العضوية	الآزوت المتاح	الفوسفور المتاح	البوتاس المتاح
7.84	0.39	1.01	15.0	14	71

تم تحضير محلول التربة عن طريق أخذ 10 غرام من التربة الزراعية الخصبة وحلها في ليتر من الماء المقطر، ثم جرى تحريك معلق التربة بقوة لحد الانحلال شبه الكلي، ثم تعقيمه وتركه ليرقد. تم ترشيح الطافي واستخدامه كوسط مغذي بديل (حاو على عناصر الندرة) بعد إضافة الأملاح المعدنية الرئيسية إليه وهي: $CaCl_2.2H_2O$ 200mg, $(MgSO_4.7H_2O$ 15mg, $(NH_4)_2SO_4$ 1g , K_2HPO_4 700mg)، تم ضبط الرقم الهيدروجيني pH لمحلول الوسط المغذي المعدل على الدرجة 7.4 وجرى تعقيمه بالأوتوغلاف.

3- تحديد عدد الخلايا(الكتلة الحيوية):

جرى أخذ عينة من معلق البكتيريا الزرقاء *A. variabilis* كل (4) أيام لتحديد عدد الخلايا (الكتلة الحيوية) ومعدلات نموها، وذلك عن طريق تعداد الخلايا باستخدام شريحة التعداد Petroff-Hausser counting chamber [12].

4- قياس كمية صبغة اليخضور(chl.a, chl.b):

تم تثفيل20 مل من معلق البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 1500دورة/دقيقة لمدة 10دقائق من أجل فصل الخلايا البكتيرية عن المحلول، ثم إضافة 10 مل من محلول الأسيتون

80% لراسب الخلايا المعزولة ووضعها على جهاز رجاج الأنابيب لمدة 15 دقيقة من أجل تحطيم الخلايا وانحلال الصبغة بالمذيب، ثم إعادة التثفيل في ذات الشروط لمدة 5 دقائق [13]، ثم فصل المحلول الأسيتوني الطافي عن بقايا الحطام الخلوي البكتيري وقياس تركيز كل من اليخضور(chl.a, chl.b) باستخدام جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer, ثم حساب كمية اليخضور لدى الأحياء الدقيقة ذات التركيب الضوئي، ووفق المعادلات المناسبة [14].

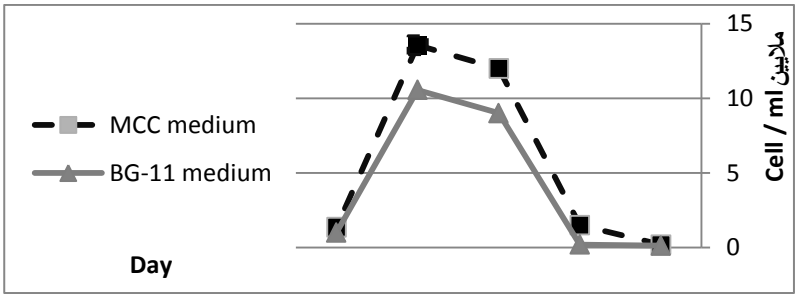
$$\text{Chl a} = 12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{647} * 20/10$$

$$\text{Chl b} = 21.50\ A_{646} - 5.10\ A_{663} * 20/10$$

النتائج والمناقشة:

1- الكتلة الحيوية للبكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis*:

تم تحضير الأوساط المغذية، وتم إضافة الخلايا البكتيرية بتركيز أو تعداد خلايا أولي بلغ (10^4 خلية/مل محلول مغذي) في جميع الأوساط المغذية. بلغ عدد خلايا بكتيريا *A. variabilis* في الوسط المعدل(MCC) في اليوم الثامن من النمو حوالي (10^6 خلية/مل محلول مغذي)، بينما بلغ عدد خلايا البكتيريا في الوسط (BG-11) تحت ذات ظروف التنمية وخلال ذات الفترة الزمنية حوالي (10^5 خلية/مل محلول مغذي). استمر عدد الخلايا في الوسط (MCC) ارتفاعاً وصولاً إلى اليوم الثاني عشر من عمر المزرعة البكتيرية، إذ بلغ حوالي (10^7 خلية/مل محلول مغذي)، بينما وصل عدد الخلايا البكتيرية في الوسط (BG-11) لحوالي (10^6 خلية/مل محلول مغذي). كما حافظت البكتيريا على عدد الخلايا ذاته تقريباً وصولاً إلى اليوم السادس عشر في كلا الوسطين ليتناقص العدد ويصبح متساوياً تقريباً في اليوم العشرين من عمر المزرعة البكتيرية لكلا الوسطين المغذيين. استناداً إلى ما تقدم لوحظ أن الوسط المغذي المعدل (MCC) كان أكثر ملائمة لانقسام الخلايا ونموها من الوسط المغذي(BG-11) ويعود ذلك لاختلاف التركيب الكيميائي للوسطين المغذيين المستخدمين لاستنبات البكتريا الزرقاء، إذ أن الوسط المعدل الحاوي على محلول التربة وبعض العناصر الرئيسية كان أكثر ملائمة للنمو ربما بسبب توفر عدد أكبر من العناصر النادرة (ولو بكميات زهيدة للغاية) الموجودة في التربة بشكل طبيعي ومتوازن، حيث تعمل هذه العناصر المغذية العديدة على تحفيز عملية النمو والتكاثر وتزيد من معدل العمليات الاستقلابية بما فيها عملية التركيب الضوئي [9]، كما أن تواجد أنواع وكميات كافية من عناصر الندرة اللازمة للنمو في الوسط المغذي يعمل على زيادة الكتلة الحيوية للبكتيريا الزرقاء [15]، الشكل (1).



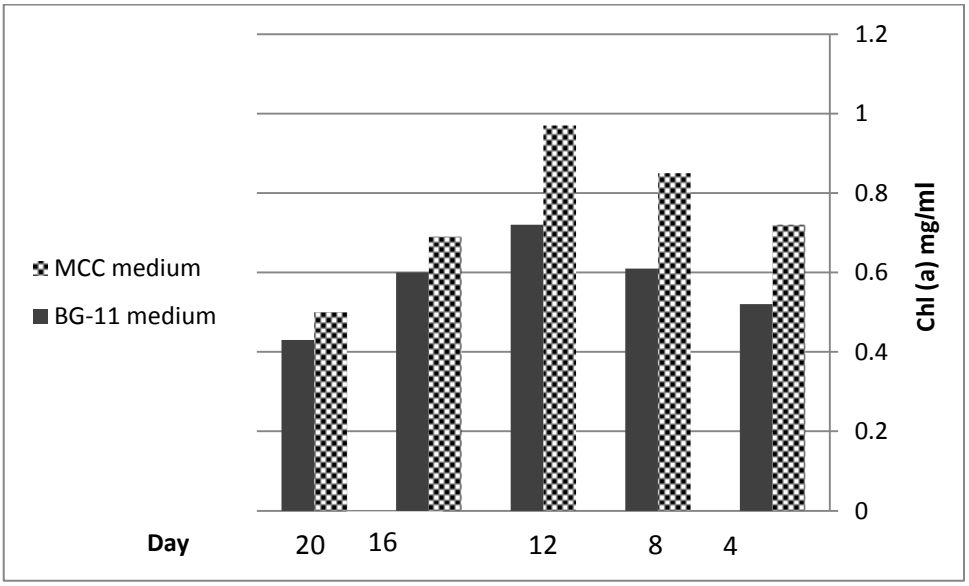
الشكل(1): عدد خلايا البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* في الوسط المغذي BG-11 والوسط MCC.

2- محتوى اليخضور(chl.a, chl.b) للبكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* :

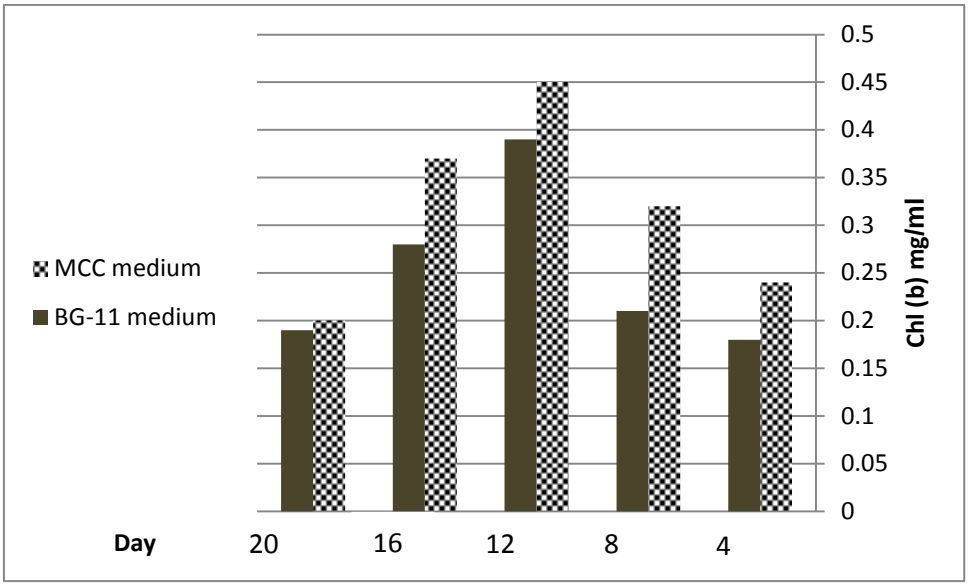
أظهرت نتائج قياس كمية اليخضور(chl.a, chl.b) في عينات حاوية على مليون خلية/مل من البكتيريا *Anabaena variabilis* في اليوم الأول، أن كمية اليخضور(a) بلغت في اليوم الرابع للنمو في الوسط المعدل (MCC) حوالي(0.72 ملغ/10^6 خلية) أعلى من كميته الناتجة عن نمو الأنابينا في وسط (BG-11) إذ بلغت حوالي (0.52 ملغ/10^6 خلية) ولكن كمية اليخضور(a) في الخلايا ضمن الوسط (MCC) بدأت بالتناقص مع تقدم عمر المزرعة البكتيرية في العمر، ففي اليوم 20 من عمر المزرعة البكتيرية بلغت كميته حوالي (0.5 ملغ/10^6 خلية) لتقترب كثيراً من كمية اليخضور (a) في الوسط (BG-11) (0.43 ملغ/10^6 خلية)، الشكل (2).

كذلك كان الأمر بالنسبة لليخضور(b) إذ بلغت كميته في اليوم الرابع للنمو في الوسط المعدل (0.24 ملغ/10^6 خلية) أعلى من مثيلاتها في وسط (BG-11) (0.18 ملغ/10^6 خلية)، ولكن كمية اليخضور (b) في الخلايا ضمن الوسط (MCC) بدأت في اليوم 20 من عمر المزرعة البكتيرية بالتناقص، إذ بلغت كميته حوالي (0.2 ملغ/10^6 خلية) لتقترب كثيراً من كمية اليخضور(b) في الوسط (BG-11)حيث بلغت حوالي (0.19 ملغ/10^6 خلية)، الشكل (3).

تعزى زيادة كمية اليخضور(chl.a, chl.b) في الوسط المعدل (MCC) حتى اليوم 12 لأسباب عديدة أهمها التركيب الكيميائي للوسط، إذ أظهرت العديد من الدراسات أن زيادة كمية الفوسفور في الوسط يؤدي لزيادة في نمو البكتريا الزرقاء وبالتالي زيادة في العمليات الاستقلابية وإنتاج أصبغة التركيب الضوئي ومنها اليخضور (chl.a, chl.b) [11]، ومع تقدم عمر المزرعة البكتيرية في العمر واستهلاك الكميات المحدودة من النتروجين والبوتاسيوم الضرورين للنمو البكتيريا الزرقاء في الوسط انخفضت كمية اليخضور اللازم لعمية التركيب الضوئي في كلا الوسطين [16].



الشكل(2): كمية اليخضور(a) في خلايا البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* في الوسط BG-11 والوسط MCC.



الشكل(3): كمية اليخضور(b) في خلايا البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* في الوسط BG-11 والوسط MCC.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1-زيادة عدد الخلايا (الكتلة الحيوية) وكمية اليخضور(chl.a, chl.b) في الوسط المغذي المعدل (MCC) المستخدم في استنبات البكتريا الزرقاء *Anabaena variabilis* أكثر من مثيلاتها في الوسط (BG-11).

2- إن وفرة العناصر المغذية وعناصر الندرة في الوسط المغذي المستخدم لاستنبات البكتيريا الزرقاء يؤثر بشكل مباشر في الكتلة الحيوية للبكتيريا وفي كمية صبغات التركيب الضوئي فيها وخاصة خلال الأسبوعين الأولين من عمر المزرعة البكتيرية.

- التوصيات:

1- العمل على استزراع البكتيريا الزرقاء *Anabaena variabilis* على الوسط المعدل (MCC) مخبرياً ودراسة تأثيره في معايير التركيب الضوئي الأخرى كشدة النقل الالكتروني الضوئي، كمية الأكسجين المتحرر وكمية المستقلبات الثانوية المختلفة.

2- البحث بشكل دائم على أوساط مغذية جديدة تقترب في تركيبها من الأوساط الطبيعية الحقلية التي تنو فيها البكتيريا الزرقاء.

References:

[1] G. Patterson ., L. Larsen, and R. Moore, "Bioactive natural products from blue-green algae" *Jappl phycol*, vol .6, pp. 151-157, 1994.

[2] R. Kumar ., N. Thajuddin and C. Venkateswari, "Antibacterial Activity of cyanolichen and symbiotic cyanobacteria against some selected microorganisms" *Afr J Microbial Res*, vol. 4, pp. 1408-1411, 2010.

[3] A. Alfaleh and A. Ayash, *Fundamentals in Plant Taxonomy*, Riyadh, Dar Al-Khuraiji publishing and distribution, .(in Arabic)2003.

[4] V. Kumar., V. Ahlwalia., S. Saran., J. Kumar., A. Kumar and S. Rani, "Recent developments on solid-state fermentation for production of microbial secondary metabolit challenges and solutions" *Bioresource technology*, vol. 323, pp. 124566, 2019.
[5] N. Taufiq., F. Shah., G. Liping., S. Shah and Z. Ruanbao, "Cyanobacteria: role in sustainable biomanufacturing and nitrogen fixation" *SCI Journals* vol. 18, pp. 1-6, 2024.
[6] M. Paper., M. Glenser., M. Haack., J. Lorenzen., M. Mehlmer., T. Fuchs., G. Schenk., D. Garb., D. Wenster-Botz and W. Eisenreich, "Efficiont Green light acclimation of the green algae piccochlorum sp. Triggering geranylyer animated chlorophyll front" *Bioeng Biotechnol*, vol. 10, pp. 885977, 2022.
[7] G. Greltenberger., R. Shanab and T. Hanilton, "Limiting factors in the operation of photosystems Ⅰ and Ⅱ in cyanobacteria" *Microbial biotechnology mini review*, vol. 145, no. 19, pp. 1-14, 2024.
[8] J. Meek and J. Elhai, "Regulation of cellular differentiation in filamentous cyanobacteria in free-living and plant associated symbiotic growth States" *Microbial. Mol. Biol. Rev*, vol. 66, pp. 94-121, 2002.
[9] H. Kiyota., M. Hival and M. Ikeuchi, "Nb1 A_1/A_2 dependent homeostasis of aminoacid pools during nitrogen starvation in *Synechocgstis* sp. Pcc6803 metabolites" *J. Bacterial*, vol. 4, pp. 517-531, 2014.
[10] L. Carvalho., N. Costa and G. Conserva, "Biologically active compounds from cyanobacteria extracts: invivo and invitro aspects" *Braz. J. Pharma*, vol. 23, no. 3, pp. 471-480, 2013.
[11] S. Paudey., L. Narayanau., R. Vinayagam and R. Selvaraj, "A Review on the effect of blue green 11 medium and its constituents on microalgal growth and liped production" *Journal of environmental chemical engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 109984, 2023.
[12] J. Cappuccino and C. Welsh, *Microbiology: A Laboratory manual, Global Edition*, England, 2018.
[13] M. Ehling-Schulz., W. Bilger and S. Scherer, "UV-B- Induced syuthesis of photo protective pigments and extracellular polysaccharides in the terrestrial Cyanobacterium *Nostoc* commune" *J. Bacterial*, vol. 179, pp. 1940-1945, 1997.
[14] H. K. Lichtenthaler, "Chlorophylls and Cartenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. Methods in Enzymology (ED)" *Academic Press Inc*, vol. 148, pp. 350-382, 1987.
[15] S. Sandugash., K. Bekzhan., Z. Bolatkhan., K. Jiri., K. Ardok., B. Kenzheyal and A. Suleyman, "Isolation, Identification and pigment analysis of novel cyanobacterial strains from thermal springs" * NDPI*, vol. 13, no. 21, pp. 2951, 2024.
[16] J. Aman., A. Knmar., S. Knmar and S. Sayar, "Pigments analysis of Cyanobacterial strain" *International Journal of chemical studies*, vol. 6, no. 2, pp. 1248-1251, 2018.