

DOI: <http://www.doi.org/10.36719/2707-1146/18/25-28>

Günəl Vüqar qızı Mehdiyeva

Bakı Dövlət Universiteti

doktorant

ashirova.gunel@gmail.com

CHLORELLA VULGARIS HÜCEYRƏSİ METABOLİZMİNİN İDARƏ EDİLMƏSİ

Xülasə

Mikroyosunların inkişaf prosesini məhdudlaşdıran şəraitdə (üzvi və mineral maddələrin çatışmazlığı, müxtəlif stress faktorları - işıq, temperatur və s.) ehtiyat maddə və metabolit toplama qabiliyyəti elmə yaxşı məlumdur. Bu baxımdan son illərdə *Chlorella vulgaris* hüceyrəsində bu və ya digər məhsulun toplanması istiqamətində metabolizmin məqsədyönlü idarə olunması texnologiyası araşdırılır. Təqdim edilən məqalədə fiziki və kimyəvi faktorlarının yaratdığı müxtəlif stress şəraitində *C. vulgaris* hüceyrəsində toplanan lipid, karbohidrat, antioksidant molekulları haqqında ümumi məlumat öz əksini tapır. Bundan əlavə son dövrlər dünyada aktual olan “algae-refinery concept” əsasında mikroyosun hüceyrəsindən əldə olunan birləşmələrin müxtəlif sahələrdə istifadəsi haqqında məlumat verilir.

Açar sözlər: *Chlorella vulgaris*, mikroyosunlar, antioksidant, hüceyrə metabolizmi, inkişaf faktorları

Gunel Vugar Mehdiyeva

Regulation of cell metabolism of *Chlorella vulgaris*

Abstract

The ability to accumulate nutrients and metabolites under conditions that limit the development of microalgae (deficiency of organic and mineral substances, various stress factors - light, temperature, etc.) is well known to science. In recent years, the technology of purposeful control of metabolism in order to collect any product in the cell of *Chlorella vulgaris* is being studied. The presented article provides general information about lipid, carbohydrate and antioxidant molecules accumulated in *C. vulgaris* cell under various stress conditions caused by physical and chemical factors. In addition, information is provided on the use of compounds derived from microalgae cells in various fields on the basis of the “algae-refinery concept”, which has recently become an actual issue in the world.

Key words: *Chlorella vulgaris*, microalgae, antioxidants, cell metabolism, growth factors

Giriş. *Chlorella vulgaris* birhüceyrəli eukariot yaşıl mikroyosun qrupu olub, effektiv fotosintez hesabına bir neçə saat ərzində öz-özünü çoxaltmaq qabiliyyəti, patogenlərə qarşı dözümlülüyü və zəngin biokütlə tərkibi ilə son dövrlərdə biotexnologiya, əczaçılıq, qida və kosmetologiya sənayesinin diqqət mərkəzindədir. *Chlorella*-nın sadə həyat dövrü və ali bitkilərə oxşar metabolik yolları vardır, bununla yanaşı bu mikroyosun cinsi fotosintez, karbon dioksid mexanizmlərinin araşdırılması və metabolizmin idarə edilməsi üçün model orqanizm kimi tətbiq olunmaqdadır. Bu fotosintetik organizm su, karbon dioksid, günəş enerjisi və az miqdarda qida maddəsindən istifadə edərək zülal, karbohidrat, lipid kimi zəngin biokütlə dəyərinə malik makromolekullar, həmçinin vitamin və karotionidlər kimi yüksək bioaktiv xassəyə malik birləşmələr sintez edir (Cədvəl 1), (Safi et al. 2014, Cuellar-Bermudez et al. 2015). Yüksək biokütlə dəyəri hesabına (zülal 51-58%, lipid 14-22%, karbohidrat 12-17%) *Chlorella vulgaris* mikroyosunu dünyanın bir çox qabaqcıl ölkəsində (Almaniya, Yaponiya, Çin və s.) qida məhsulu kimi istifadə edilir. Son dövrlərdə dünyada alternativ enerji mənbələrinin araşdırılması sahəsində aparılan işlərdə hüceyrəsində toplanan yüksək miqdarda lipid kontentinə görə *Chlorella vulgaris* bioyanacaq istehsalı üçün əlverişli xammal kimi qiymətləndirilir. Bundan əlavə bu mikroyosun hüceyrəsi antioksidant birləşmələrin və bioaktiv xassəli ikincili metabolitlərin geniş spektrinə malik olduğu üçün qiymətli antioksidant mənbəyi hesab edilir. Aparılan çoxsaylı tədqiqatlar nəticəsində *Chlorella vulgaris* hüceyrə ekstraktının antibakterial, antiviral, antioksidant, xərçəng əleyhinə, iltihab əleyhinə, antidiabetik xassələri müəyyən edilmişdir (Dantas et al. 2015, Abdel-Karim et al. 2020). Yaponiyada aparılan elmi araşdırmalara görə, siçan və dovşanlara toz halında verilən *Chlorella*

yaşlanma ilə əlaqədar ortaya çıxan kardioloji xəstəliklərə, hipertenziya və kataraktaya qarşı qoruyucu xassə göstərir, dəri kollageninin ifrazını stimulasiya edir (Safi et al. 2014).

Cədvəl 1

Chlorella vulgaris hüceyrəsinin ümumi tərkibi

Zülal 51-58%	Lipid 14-22%	Karbohidrat 12-17%	Pigment molekulları	Vitaminlər	Minerallar
Amin turşuları	Trigliseridlər Fosfolipidlər Qlikolipidlər	Niştasta Sellüloza Oliqosaxaridlər Sadə şəkərlər	β karotin Astaksantin Xantaksantin Lütein Xlorofil a Xlorofil b Viloksantin	B1 (Tiamin) B2 (Riboflavin) B3 (Niasin) B5(Pantoten turşusu) B6 (Piridoksin) B7 (Biotin) B9 (Fol turşusu) B12 (Kobalamin) C (Askorbin turşusu) E (Tokoferol) A (Retinol)	Natrium Kalsium Kalium Magneziyum Fosfor Sink Mangan Dəmir

Hüceyrənin inkişaf faktorlarının metabolizmə təsiri. Hər bir fotosintetik hüceyrədə olduğu kimi *Chlorella vulgaris* hüceyrəsinin inkişaf və metabolizminə təsir göstərən kimyəvi və fiziki faktorlar mövcuddur. Kimyəvi faktorlara qidalı mühit tərkibindəki birləşmələr (karbon, azot, fosfor mənbələri, silisium, dəmir, mis, sink kimi metallar, müxtəlif vitaminlər) və onların qatılığı aiddir. Bu faktorların, xüsusilə karbon və azot mənbələrinin növü və qatılığı, qidalı mühitdə karbon-azot nisbəti mikroyosun metabolizminə əhəmiyyətli təsir göstərir. Fiziki faktorlara işıq intensivliyi, temperatur, aerasiya rejimi, mühitin pH göstəricisi aiddir (Daliry et al. 2017). Mikroyosun hüceyrəsində fotosintetik aparatın qurulması, pigment-zülal kompleksinin formalaşması, biokütlənin, niştasta və lipid molekullarının toplanması, bioloji aktiv maddələrin metabolizmi sadalanan inkişaf faktorlarından birbaşa asılıdır. Hüceyrənin optimal inkişaf şəraitindən istənilən kənarçıxma stress yaradır. Bu səbəbdən son illərdə stress şəraitinin təsiri ilə *Chlorella* hüceyrəsində bu və ya digər məhsulun toplanması istiqamətində metabolizmin məqsədyönlü idarə olunması texnologiyası araşdırılır.

Müəyyən edilmişdir ki, qidalı mühitdə azot və fosforun məhdudlaşdırılması, dəmir artıqlığı, yüksək CO₂ konsentrasiyası, yüksək işıq intensivliyi, temperaturun artması kimi qeyri-optimal inkişaf şəraitində lipid və niştastanın qatılığı artır, biokütlə azalır. Digər tərəfdən, normal və ya idarə edilən inkişaf şəraitində (məs., qidalı mühitə azot əlavə etdikdə) hüceyrədə zülal molekullarının toplanması səbəbindən biokütlə artır. Buna əsasən *Chlorella vulgaris* hüceyrəsində biokütlə artımı, lipid, zülal, karbohidrat və ya pigment molekullarının depolanmasına yönəlmiş bir çox inkişaf texnologiyası sınaqdan keçirilmişdir (Safi et al, 2014).

1. *Chlorella vulgaris* hüceyrəsində karbohidrat toplanması.

Hüceyrədə niştastanın yekun qatılığına təsir edən əsas iki faktor mövcuddur: fotosintez prosesi hesabına niştastanın sintez sürətini təyin edən işıq intensivliyi və enerji mənbəyi qismində niştastadan istifadə edən bioloji proseslərin (hüceyrə bölünməsi) sürəti. Niştasta molekullarının hüceyrədə toplanmasına sintez sürətini artırmaq və ya hüceyrə bölünməsi sürətini azaltmaqla nail olmaq olar. Bu hipotezi təsdiq etmək üçün aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, antibiotik xassəli tsikloheksimid molekulu ilə işlənmiş qidalı mühitdə böyüdülən *Chlorella vulgaris* hüceyrələrində niştasta miqdarı 60% artmışdır. Belə ki, tsikloheksimid nüvə bölünməsinə inhibirləşdirərək hüceyrə bölünməsi hesabına niştasta sərfiyyatının qarşısını alır. Lakin bu metod ekoloji cəhətdən təmiz olmadığı üçün açıq hovuz tipli bioreaktorlarda istifadəsi əlverişli hesab edilmir (Brányiková et al. 2011).

Chlorella vulgaris hüceyrəsində niştasta toplanmasının effektiv metodlarından biri qida stressidir. Müəyyən edilmişdir ki, qidalı mühitdə sulfat və azot çatışmazlığı mikroyosun hüceyrəsində monosaxaridlərin qatılığının uyğun olaraq 7% və 40% artmasına, ümumi karbohidrat kontentinin isə 16-22,3% artmasına səbəb olur. (Kim et al. 2014).

2. *Chlorella vulgaris* hüceyrəsində lipid toplanması.

C.vulgaris hüceyrəsində lipid molekullarının toplanması bioyanacaq istehsalı üçün xammalın əldə edilməsi baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Optimal inkişaf şəraitində *C. vulgaris* hüceyrəsində lipid qatılığı quru kütlənin 14-22 %-i arasında dəyişir. Bu göstəricini artırmaq üçün *C. vulgaris* kulturası qida stressi (azot mənbəyinin çatışmazlığı) şəraitində yetişdirilir. Qidalı mühitdə NH₄ və NO₃ ionlarının çatışmazlığı hüceyrədə lipid qatılığını 85%-ə qaldırır (Ramirez-Lopez et al. 2016).

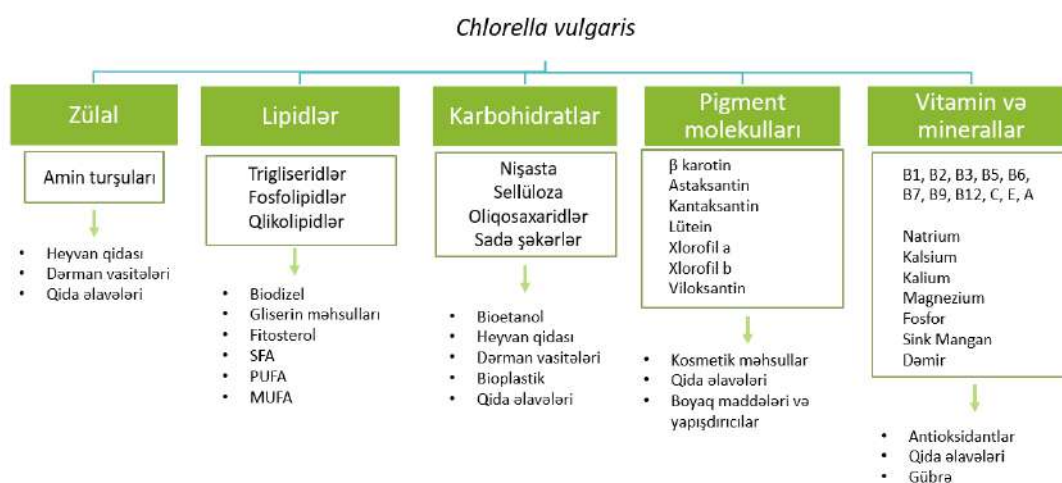
3. *Chlorella vulgaris* hüceyrəsində antioksidant toplanması.

Chlorella vulgaris kimi yaşıl mikroyosunların ümumi metabolizm prosesində hüceyrədə sərbəst radikallar - oksigenin aktiv formaları (OAF) əmələ gəlir. Bu radikallar enzimatik və qeyri-enzimatik antioksidant mexanizmləri ilə zərərsizləşdirilir. Normal inkişaf şəraitində hüceyrədə sərbəst radikalların və antioksidant birləşmələrin sintezi arasında balans mövcuddur. Lakin yüksək temperatur, işıq intensivliyi, UB radiasiya, ağır metallar, duzluluq, patogenlərin təsiri kimi stress şəraitində sərbəst radikalların qatılığı artır. Buna cavab olaraq hüceyrə antioksidant müdafiə mexanizmini aktivləşdirir. Sərbəst radikallar və antioksidant birləşmələr arasındakı qarşılıqlı əlaqəyə əsaslanaraq süni stress şəraitində hüceyrədə antioksidant xassəli bioaktiv molekulların toplanmasının müxtəlif yolları araşdırılır (Panahi et al. 2019).

Chlorella vulgaris hüceyrəsində antioksidantların toplanmasına stress faktorlarının ən geniş spektri təsir göstərir. Işıq intensivliyinin artması ksantofil pigmentinin sintezini sürətləndirərək yaşıl mikroyosun hüceyrəsinin saralmasına səbəb olur (Grudzinski et al. 2016).

UV-ışıqlandırma nəticəsində *Chlorella vulgaris* hüceyrəsində SOD aktivliyinin 40%, katalaza aktivliyinin 500% artması müşahidə edilir. Qida stressi şəraitində böyüdülən hüceyrələrdə azot, fosfor, kükürd kimi elementlərin qidalı mühitdə çatışmazlığı astaksantin, karotinoidlərin, qidalı mühitdə dəmir ionunun 90 µM-dan artıq olması E və C vitamininin artımına səbəb olur (Estevez et al, 2001). Mis ionunun təsiri ilə qidalı stress şəraitində böyüdülən *C. vulgaris* hüceyrələrindən alınan ekstraktlar 50% daha artıq antioksidant aktivlik və Hela xərçəng hüceyrələri əleyhinə təsir göstərir (El-Fayoumy et al. 2021).

Yosun emalı konsepsiyası (Algae-refinery concept). Yosun emalı konsepsiyası neft emalından ilham alınaraq yaradılmış biotexnoloji konsepsiya olub, yosun hüceyrəsində toplanmış komponentlərin fraksiyalar şəklində ayrılmasına və müxtəlif məhsulların əldə edilməsi üçün xammal kimi istifadəsinə əsaslanır. Bu konsepsiyaya görə *Chlorella vulgaris* mikroyosunu zəngin hüceyrə tərkibi ilə bütünlüklə emal edilməyə uyğun orqanizmdir. *C.vulgaris* hüceyrəsindən əldə edilən bioməhsullar əczaçılıq, heyvandarlıq, kənd təsərrüfatı, qida sənayesi, kosmetologiya, biotexnologiya, aqrar sənaye kimi müxtəlif sahələrdə istifadə edilə bilər (Şəkil 1).



Şəkil 1. Yosun emalı konsepsiyası

Ədəbiyyat

1. Safi, C., Zebib, B.Z., Merah, O., Pontalier, P., & Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 35, 265-278.
2. Cuellar-Bermudez, S. P., Aguilar-Hernandez, I., Cardenas-Chavez, D. L., Ornelas-Soto, N., Romero-Ogawa, M. A., & Parra-Saldivar, R. (2015). Extraction and purification of high-value metabolites from microalgae: essential lipids, astaxanthin and phycobiliproteins. *Microbial biotechnology*, 8(2), 190–209. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12167>
3. Bioproduction, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Compounds from *Chlorella vulgaris*, phytochemical screening and antioxidant activity of *Chlorella vulgaris*
4. Abdel-Karim, O.H., Gheda, S.F., Ismail, G.A., & Abo-Shady, A.M. (2020). Phytochemical Screening and antioxidant activity of *Chlorella vulgaris*.
5. Daliry, S., Hallajisani, A., Roshandeh, J.M., Nouri, H., & Golzary, A. (2017). Investigation Of Optimal Condition For *Chlorella Vulgaris* Microalgae Growth (Review Paper).
6. Brányiková, I., Maršálková, B., Doucha, J., Brányik, T., Bišová, K., Zachleder, V., & Vítová, M. (2011). Microalgae--novel highly efficient starch producers. *Biotechnology and bioengineering*, 108(4), 766–776. <https://doi.org/10.1002/bit.23016>
7. Kim, K. H., Choi, I. S., Kim, H. M., Wi, S. G., & Bae, H. J. (2014). Bioethanol production from the nutrient stress-induced microalga *Chlorella vulgaris* by enzymatic hydrolysis and immobilized yeast fermentation. *Bioresour technology*, 153, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.11.059>
8. Ramirez-Lopez C, Chairez I, Fernandez-Linares L. A novel culture medium designed for the simultaneous enhancement of biomass and lipid production by *Chlorella vulgaris* UTEX 26. *Bioresour Technol* 2016;212:207-16. doi: 10.1016/j.biortech.2016.04.051
9. Panahi, Y., Yari Khosroushahi, A., Sahebkar, A., & Heidari, H. R. (2019). Impact of Cultivation Condition and Media Content on *Chlorella vulgaris* Composition. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 9(2), 182–194. <https://doi.org/10.15171/apb.2019.022>
10. Grudzinski W, Krzeminska I, Luchowski R, Nosalewicz A, Gruszecki WI. Strong-light-induced yellowing of green microalgae *Chlorella*: A study on molecular mechanisms of the acclimation response. *Algal Res* 2016;16:245-54. doi: 10.1016/j.algal.2016.03.021)
11. El-Fayoumy, E. A., Shanab, S., Gaballa, H. S., Tantawy, M. A., & Shalaby, E. A. (2021). Evaluation of antioxidant and anticancer activity of crude extract and different fractions of *Chlorella vulgaris* axenic culture grown under various concentrations of copper ions. *BMC complementary medicine and therapies*, 21(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03194-x>
12. Estevez MS, Malanga G, Puntarulo S. Iron-dependent oxidative stress in *Chlorella vulgaris*. *Plant Sci* 2001;161(1):9- 17. doi: 10.1016/S0168-9452(01)00364-8

Rəyçi: b.ü.f.d. R.İ. Ağalarov

Göndərib: 14.02.2022

Qəbul edilib: 18.03.2022