

**ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКА УГЛЕРОДА И СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ
НА ПРОДУКЦИЮ КАРОТИНОИДОВ БАКТЕРИЯМИ
RHODOCOCCUS QINGSHENGII X5^{*}**

**EFFECT OF CARBON SOURCE AND STRESS FACTORS
ON CAROTENOID PRODUCTION
BY *RHODOCOCCUS QINGSHENGII X5***

А. С. Филиппова^{1,2}, А. С. Леонова¹, И. А. Нечаева¹

¹Тульский государственный университет

²Лаборатория экологической и медицинской биотехнологии НИЦ «БиоХимТех» ТулГУ, Тула

A. S. Filippova^{1,2}, A. S. Leonova¹, I. A. Nechaeva¹

¹Tula State University

²Laboratory of Ecological and Medical Biotechnology,
Scientific Research Center "BioChemTech", Tula State University

✉ stasya.filippova.01@gmail.com

Аннотация

Показана способность бактерий *Rhodococcus qingshengii* X5 синтезировать пигменты в условиях углеродного, температурного, окислительного и фотоокислительного стресса. Экстракти каротиноидов поглощают свет в диапазоне 430–500 нм. Наиболее высокий выход продукта наблюдается при культивировании на среде с глицерином под действием фотоокислительного стресса и составляет 9,09 мкг/г биомассы.

Abstract

Rhodococcus qingshengii X5 produced carotenoid pigments when exposed to: carbon limitation, temperature fluctuations, oxidative stress, and photooxidative stress. The carotenoid extracts exhibited light absorption at 430–500 nm. The highest pigment yield (9,09 µg/g CFS biomass) was achieved during cultivation on glycerol medium under photooxidative stress.

Каротиноиды являются наиболее многочисленной группой окрашенных органических пигментов [1]. Они обладают провитаминными, антиоксидантными, иммуностимулирующими, геропротекторными и лечебными свойствами [2]. Каротиноиды синтезируются многими фотосинтезирующими и нефотосинтезирующими микроорганизмами, в том числе бактериями рода *Rhodococcus*. Основным преимуществом родококков является наличие гибкого обмена веществ и широкого метаболического профиля, позволяющих им существовать в стрессовых условиях [1]. Стоит отметить, что представители рода *Rhodococcus* являются единственными представителями актиномицетов, способными одновременно синтезировать ароматические и кетозамещенные каротиноиды [3].

Объектом исследования выступили пигментированные актинобактерии *Rhodococcus qingshengii* X5. Производство каротиноидов изучали на минеральной среде с использованием в качестве источника углерода глюкозы (0,5 %), в качестве контроля, или глицерина (1 %), вызывающего карбонильный стресс вследствие недостатка легкоокисляемых углеводов. Кроме этого, определили влияние низкой температуры (10 °C), фотоокислительного (белый свет, 3000 люкс) и окислительного (12,5 ммоль/л H_2O_2) стресса на процесс каротиногенеза. Для анализа получали ацетоновые экстракти каротиноидов из бактериальной биомассы.

Продукция каротиноидов при использовании различных субстратов и стрессоров оценивали методом электронной спектроскопии в диапазоне длин волн 200–800 нм (рис. 1).

Экстракти, используемые для спектроскопии, имели оранжевый цвет и поглощали свет в диапазоне длин волн 430–500 нм вне зависимости от условий культивирования. Поглощение света в данном диапазоне и окраска экстракта свидетельствуют о наличии системы из более чем 9 сопряженных связей в производимых соединениях [4].

Общее содержание каротиноидов в экстрактих определяли путем экстракции петролейным эфиром и измерения оптической плотности раствора [5]. Содержание рассчитывали по формуле

^{*} Исследование выполнено в рамках государственного задания № FEWG-2024-0003.

© А. С. Филиппова, А. С. Леонова, И. А. Нечаева, 2025

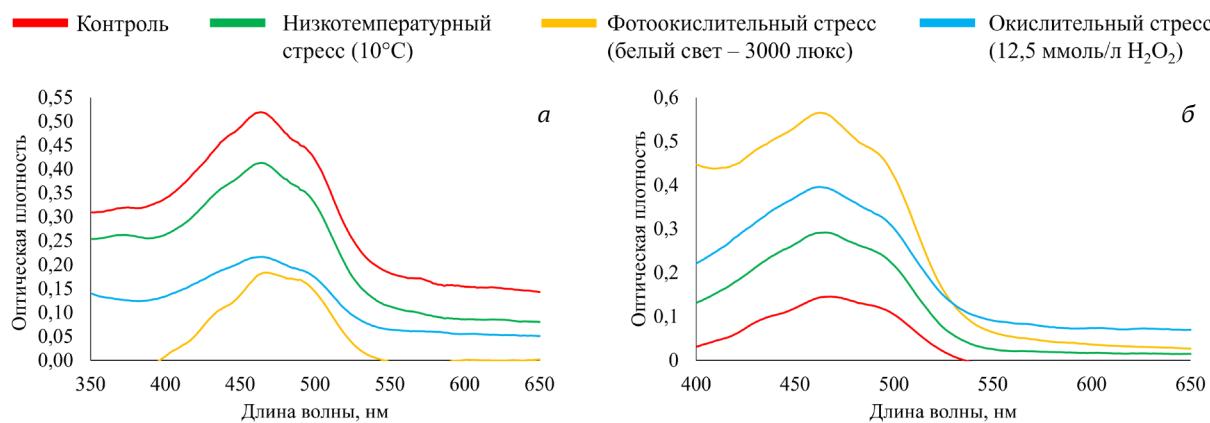


Рис. 1. Электронные спектры экстрактов каротиноидов, полученные при культивировании на средах с глюкозой (а) или глицерином (б) под действием стрессоров

$$c = \frac{V \cdot A_{470} \cdot 100}{21 \cdot m},$$

где c — содержание каротиноидов, мкг/г влажной биомассы; V — объем петролейного эфира, используемого для экстракции, мл; A_{470} — оптическая плотность; m — количество биомассы, г.

Результаты расчета содержание каротиноидов в пробах представлены на рис. 2.

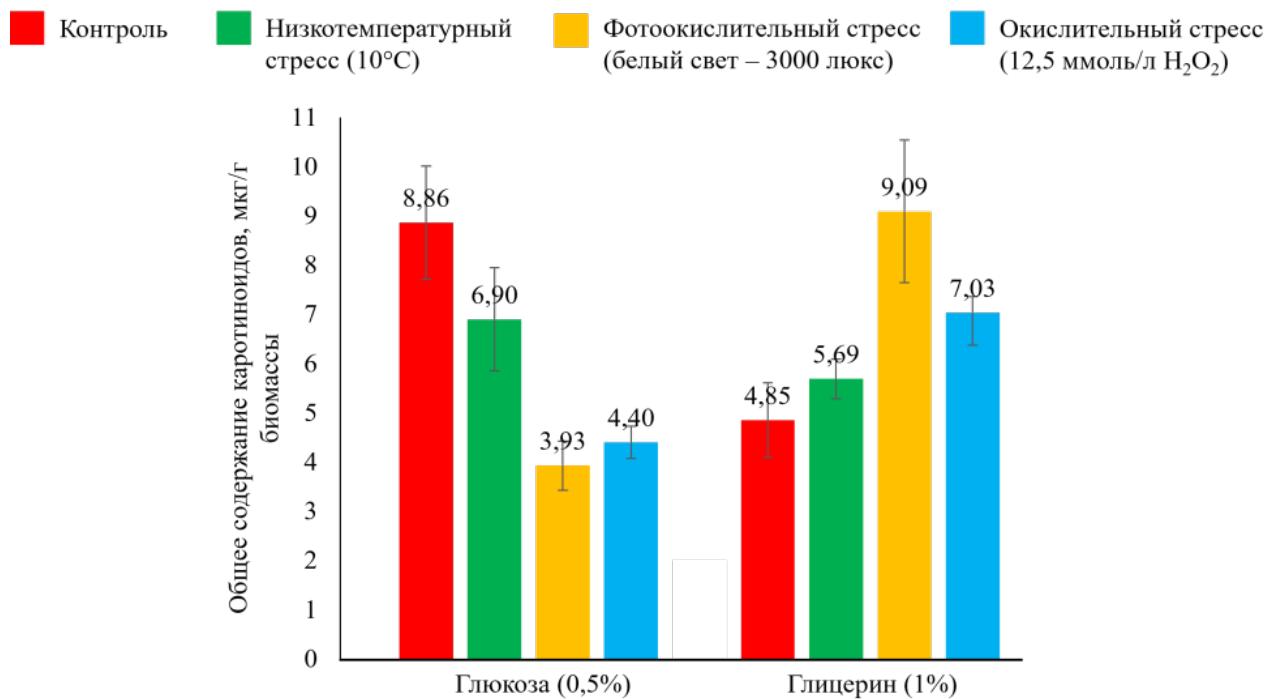


Рис. 2. Диаграмма содержания каротиноидов в экстрактах после культивирования на различных источниках углерода при действии стрессоров

Стрессовые факторы при культивировании на среде с глюкозой подавляют процесс каротиногенеза, о чем свидетельствует снижение содержания каротиноидов. Культивирование в условиях углеродного голода (на глицерине) под действием фотоокислительного и окислительного стресса приводит к увеличению выхода каротиноидов по сравнению с контролем. Наиболее высокая продукция каротиноидов у *R. qingshengii* X5 наблюдается в условиях фотоокислительного стресса на среде с глицерином и составляет 9,09 мкг/г биомассы.

Литература

1. Ядерец В. В., Карпова Н. В., Глаголева Е. В. и др. Каротиноиды: обзор основных биотехнологических способов и условий получения // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2024. Т. 14 (1). С. 41–54.
2. Васимов Д. Д., Новиков В. С. Спектроскопия комбинационного рассеяния света β каротина: экспериментальное исследование и численное моделирование // Технические науки. 2024. С. 30–36.
3. Sandmann G. Carotenoid biosynthesis in the phylum Actinobacteria // Carotenoids: Biosynthetic and Biofunctional Approaches / ed. Misawa N. Singapore: Springer, 2021. P. 175–181.
4. Куреян А. Г. Спектрофотометрия в анализе каротиноидов // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 5166–5172.
5. An G. H., Schuman D. B., Johnson E. A. Isolation of *Phaffia rhodozyma* mutants with increased astaxanthin content // Applied and Environmental Microbiology. 1989. Vol. 55 (1). P. 116–124.