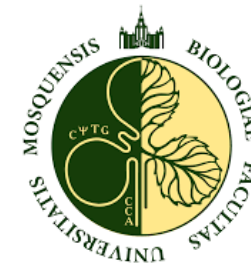




**ИБХФ
РАН**



Исследование воздействия ИК-облученного водного аэрозоля на водные растворы и биологические объекты

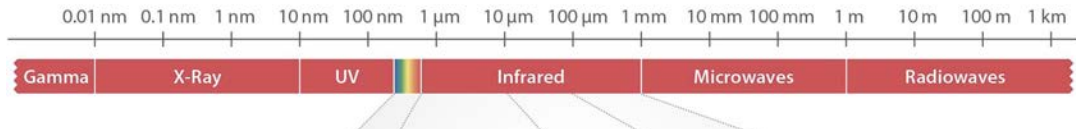
О. Яблонская^{1*}, В. Воейков², Е. Буравлева², А. Трофимов¹

1- Институт Биохимической Физики им. М.Н. Эмануэля РАН

2- Биологический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова

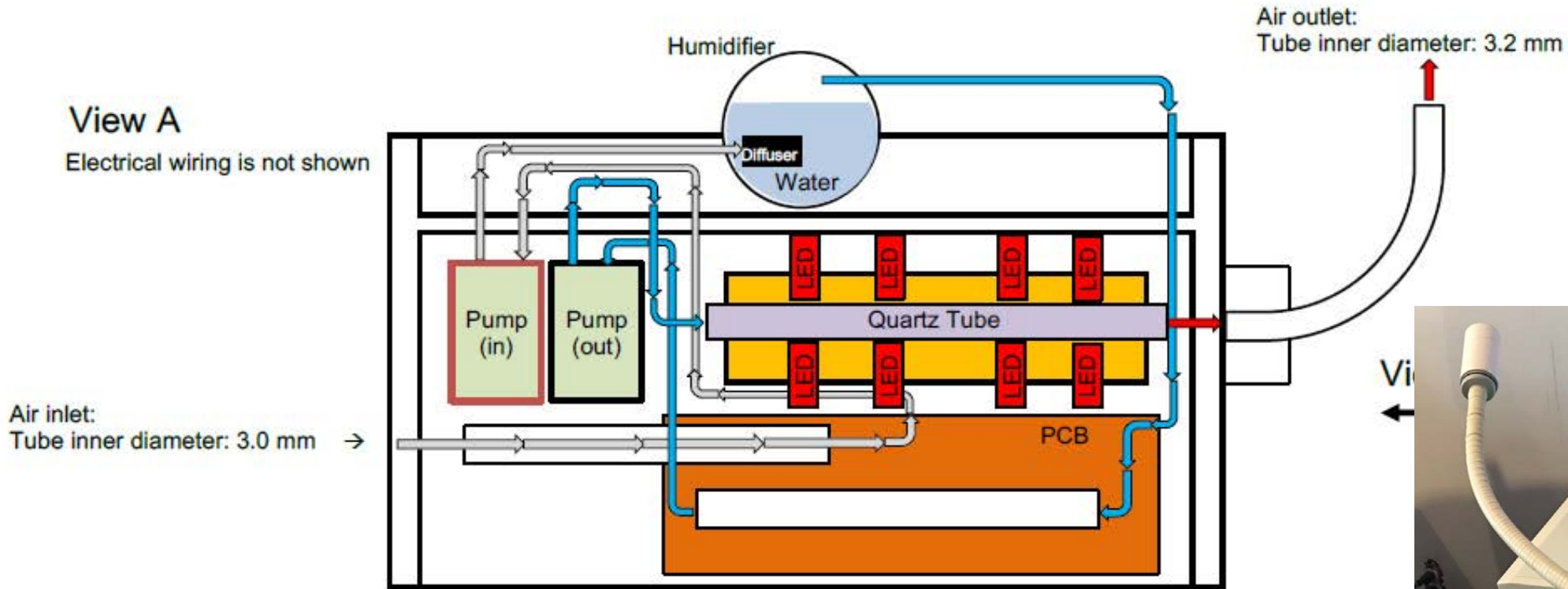
18-20 ноября 2024 г.
Москва

Устройство прибора для обработки водного аэрозоля при помощи ИК 4000 нм



View A

Electrical wiring is not shown



-  = airstream ambient air, tubing inner diameter: 3.0 mm
-  = airstream with water molecules (humidified air 70-85%), tubing inner diameter: 4.7 mm = 3/16"
-  = airstream with water molecules (humidified air 70-85%) in excitation unit, quartz glass tube inner diameter: 3.0 mm
-  = airstream with excited water molecules (excited humidified air), tubing inner diameter: 3.2 mm = 1/8"



Ингаляции ИК-облученным водным аэрозолем увеличивает общую антиоксидантную активность слюны

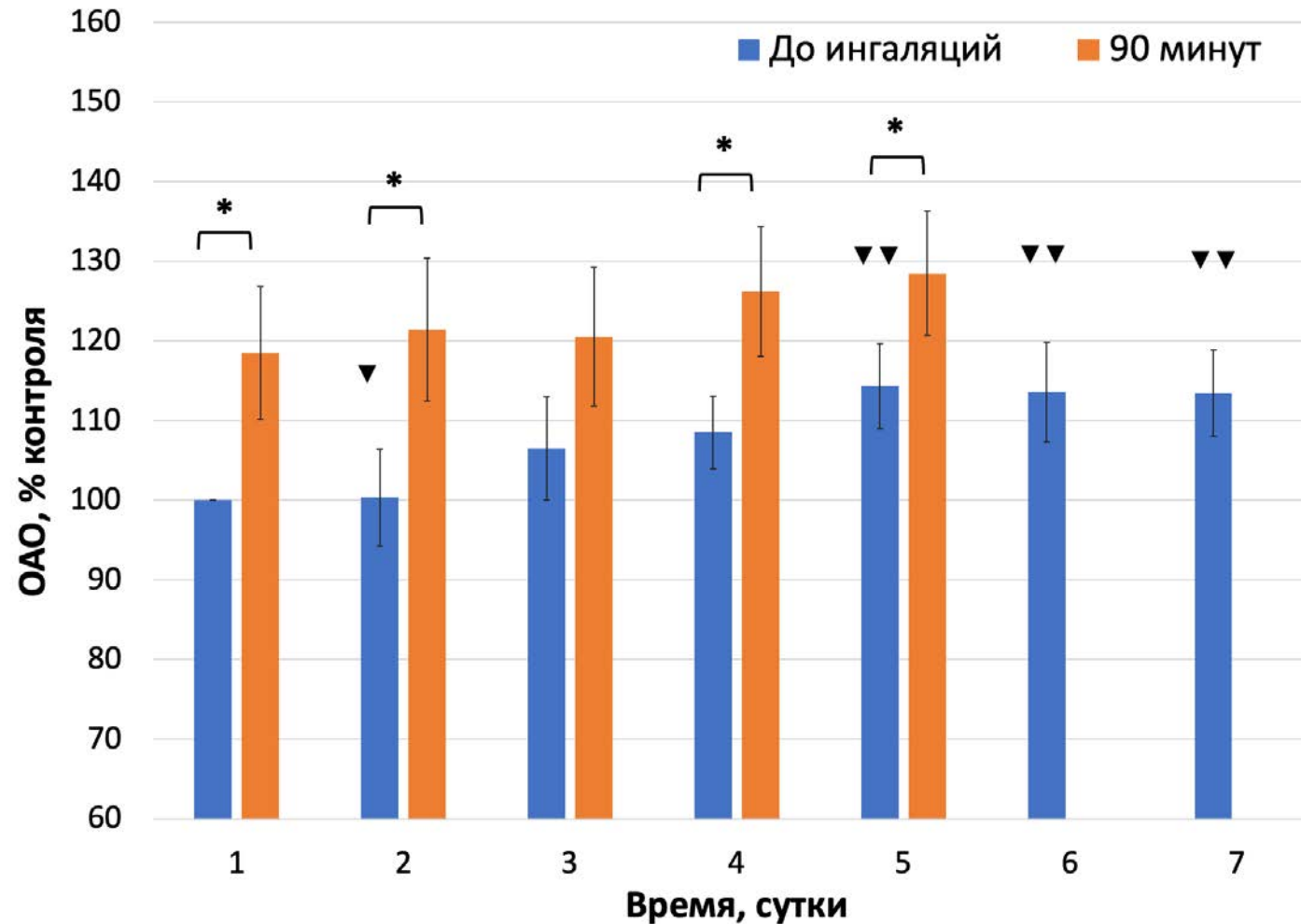


Рисунок 1. Общая антиоксидантная активность слюны человека после ежедневных 15-минутных ингаляций ИК-обработанным водяным паром.

Ингаляции ИК-облученным водный аэрозоль увеличивает общую антиоксидантную активность слюны человека

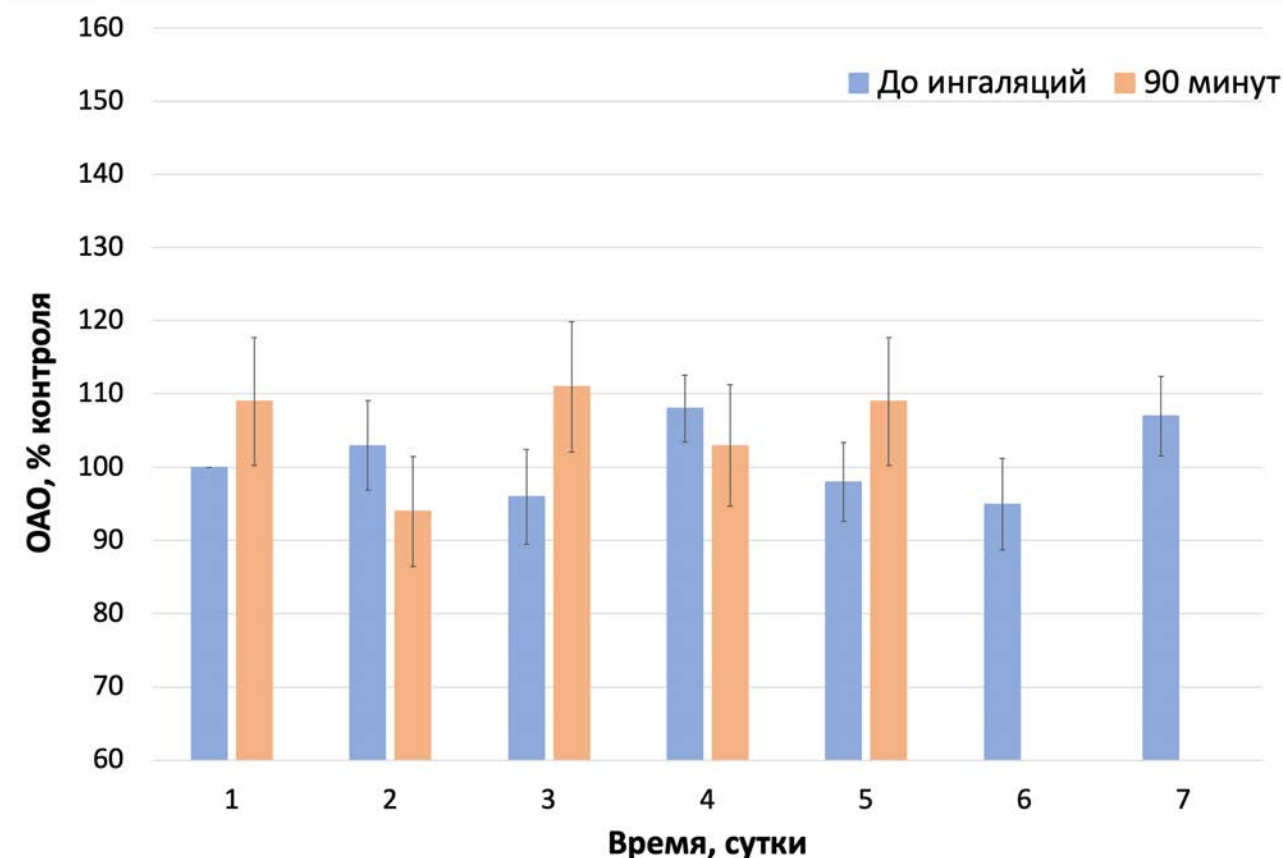
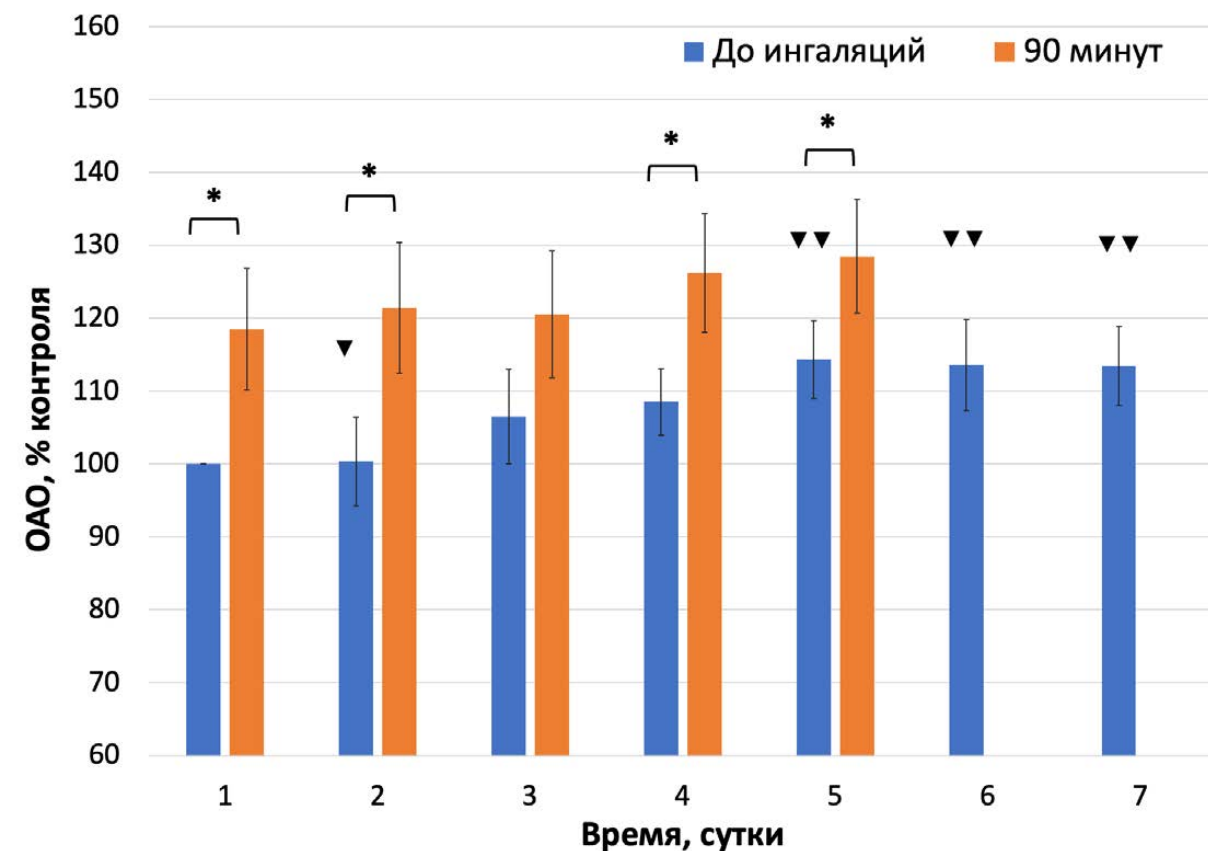


Рисунок 2. Сравнение изменения общей антиоксидантной активности слюны человека после ежедневных 15-минутных ингаляций ИК-обработанным водным аэрозолем (слева) и необработанным контрольным аэрозолем (справа).

Увеличение ОАА слюны сопровождается повышением содержания антиоксидантов слюны

Время измерения Антиоксидант	0 минут 1 дня Измерение до 1-ой ингаляции	90 минут 1 день Измерение после 1-ой ингаляции	90 минут 1 день Измерение после 1-ой ингаляции Контроль без ИК	90 минут 5 день Измерение после 5-ой ингаляции	90 минут 5 день Измерение после 5-ой ингаляции Контроль без ИК
Мочевая кислота	100	110 ± 9 *	98 ± 10	145 ± 16 *	102 ± 16
Глутатион	100	116 ± 10 **	91 ± 9	148 ± 18 **	87 ± 13
Альбумин	100	120 ± 12 ***	108 ± 18	155 ± 20 ***	99 ± 20

Таблица 1. Изменение содержания мочевой кислоты, глутатиона и альбумина в слюне 6 доноров в результате 15-минутных ингаляций ИК-обработанным водяным паром в 1-ый и 5-ый день ингаляций. Данные представлены в виде средних ± ст. отклон. *, **, *** - данные с одинаковым количеством звездочек имеют достоверные отличия согласно тесту Манна-Уитни и теста Уэлча.

Обработка ИК-облученным водным аэрозолем дрозофил увеличивает их продолжительность жизни

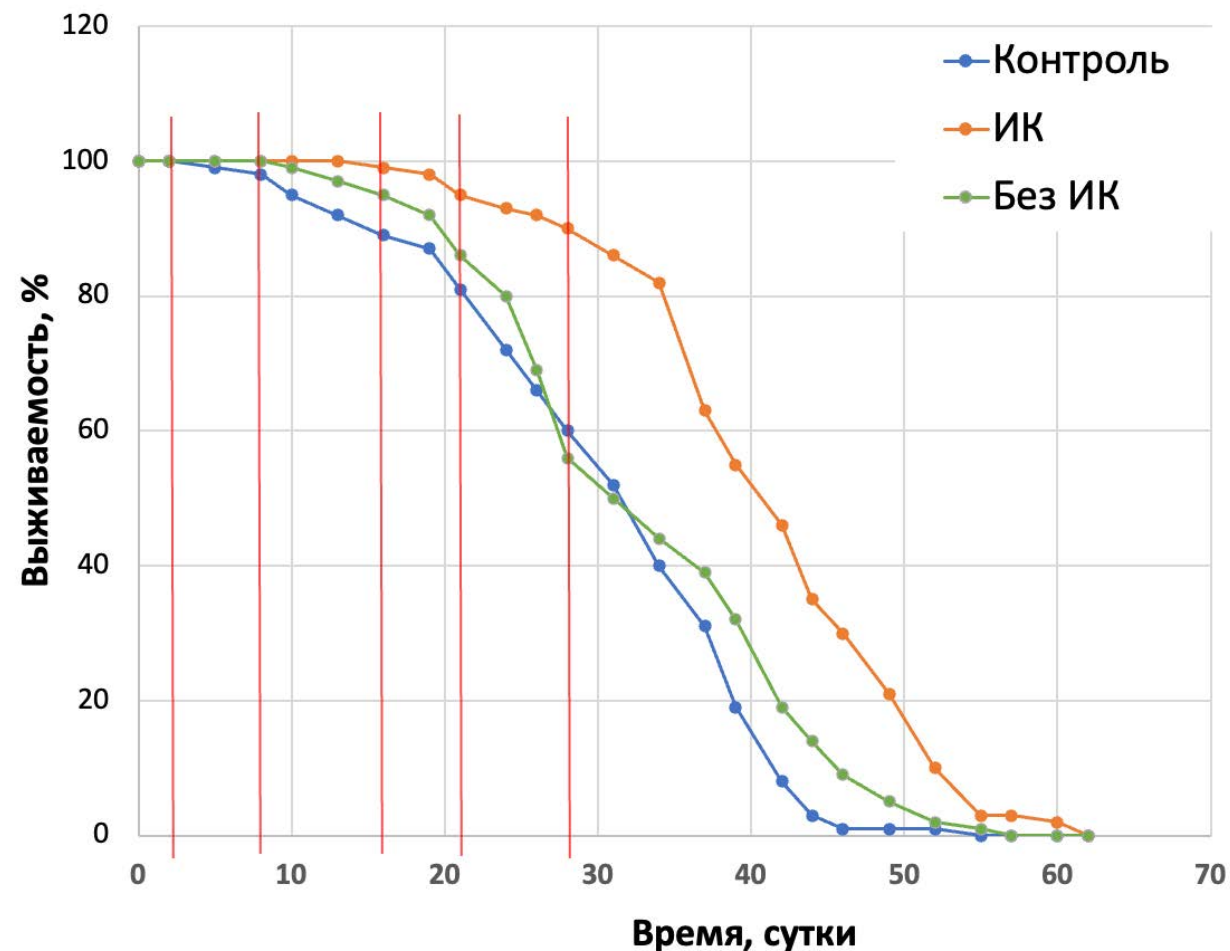


Рисунок 3. Влияние ИК-обработанного водяного пара на продолжительность жизни плодовых мушек *w1118 Drosophila melanogaster* (самки). Изначально было 120 мушек в каждой банке. **Красные линии** указывают время обработки паром в течение 30 секунд во время смены среды.

Обработка ИК-облученным водным аэрозолем дрозофил увеличивает их продолжительность жизни в условиях окислительного стресса

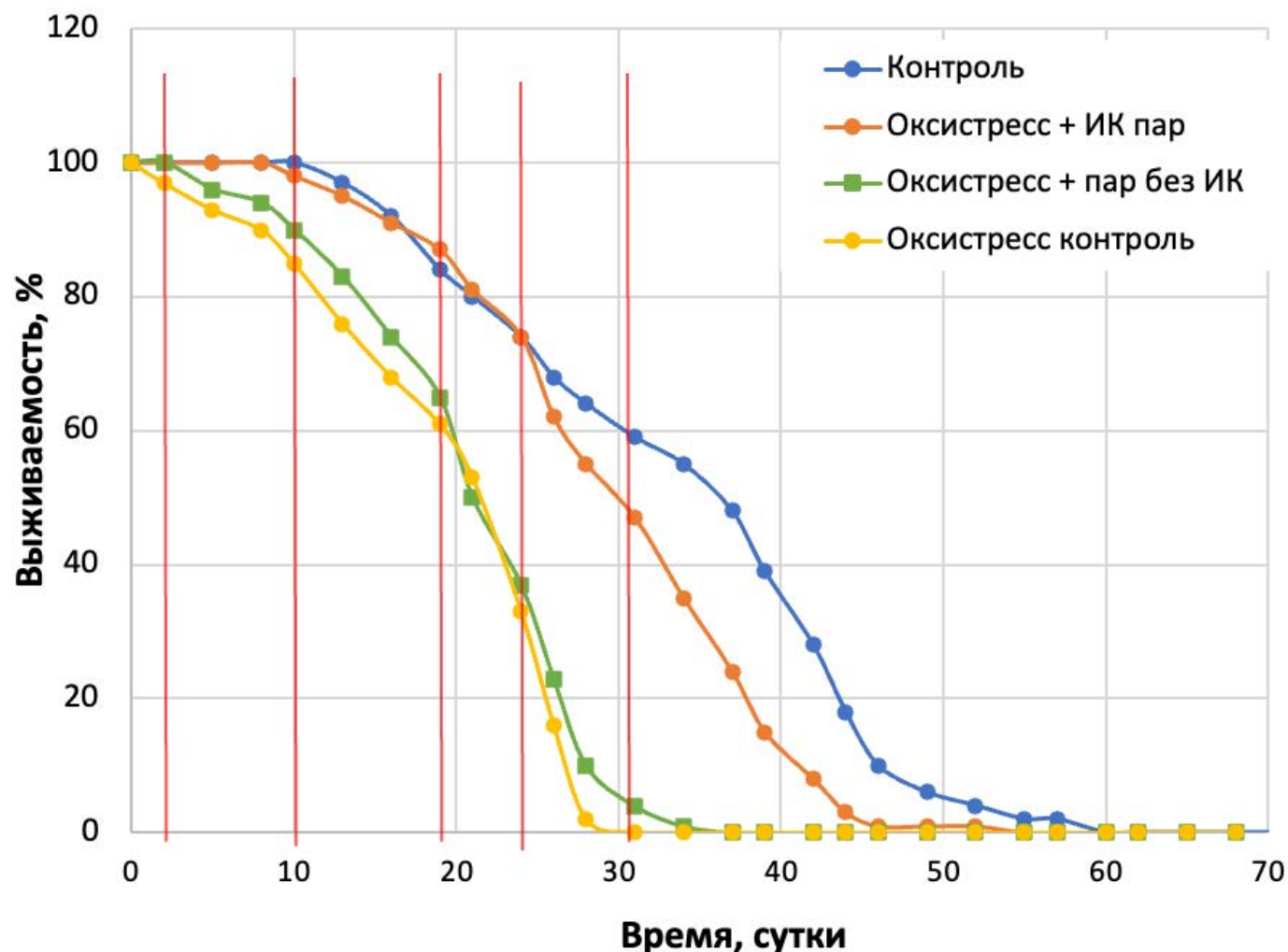


Рисунок 4. Влияние ИК-обработанного водяного пара на продолжительность жизни плодовых мушек *w1118 Drosophila melanogaster* (самки) в условиях окислительного стресса. Окислительный стресс создан путем добавления 100 мМ аскорбиновой кислоты и 0.5 г/л сульфата железа (III). Изначально было 120 мушек в каждой банке. Красные линии указывают время обработки паром в течение 30 секунд во время смены среды.

Обработка растворов ферментов при помощи ИК-облученного водного аэрозоля предотвращает термоинактивацию ферментов

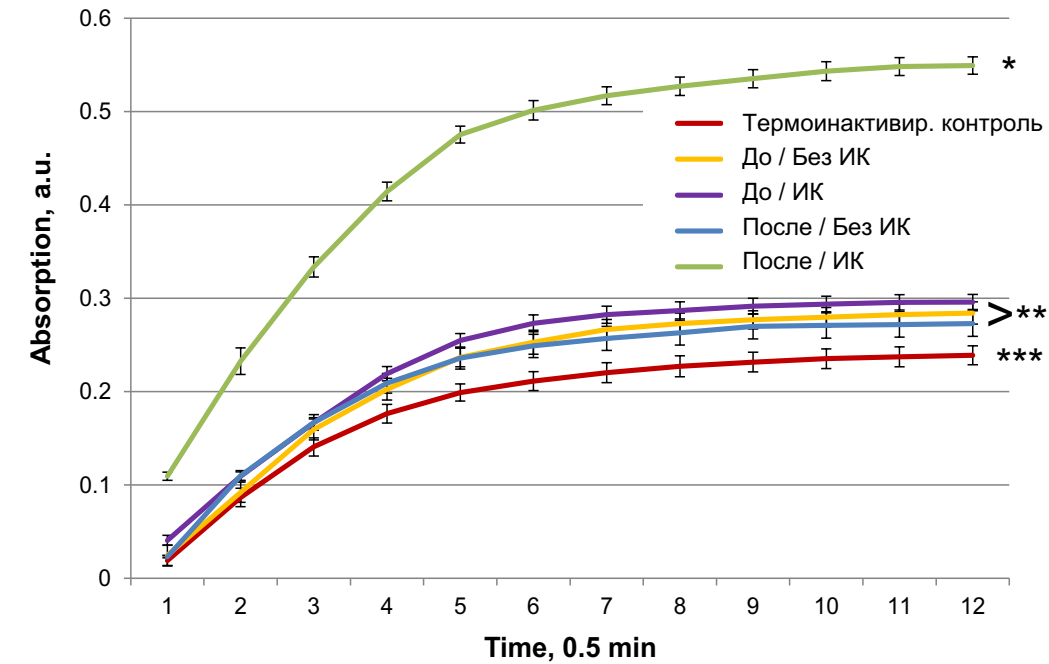


Рисунок 5. Активность термоинактивированной *щелочной фосфатазы*. Обработка образцов фермента **после** нагревания при помощи ИК-облученного водного аэрозоля привела к значительному восстановлению активности по сравнению с термоинактивированным контролем. *, **, *** - группы данных с разным количеством звездочек имеет достоверные отличия ($p < 0.05$)

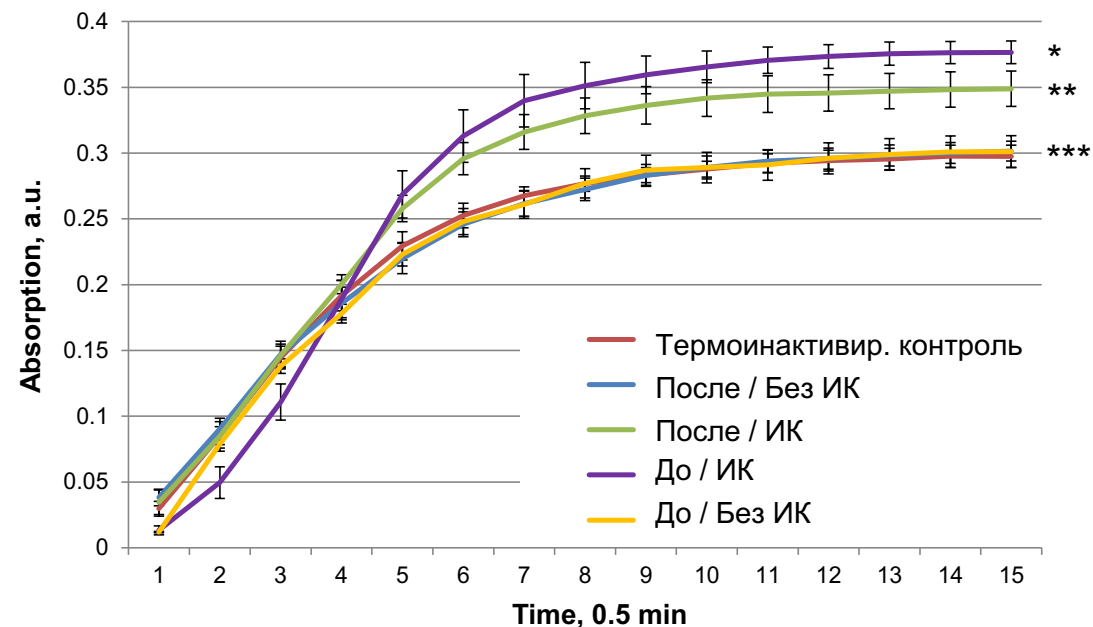


Рисунок 6. Активность термоинактивированной пероксидазы хрена. Обработка образцов фермента **до** и **после** нагревания при помощи ИК-облученного водного аэрозоля привела к значительному восстановлению активности по сравнению с термоинактивированным контролем. *, **, *** - группы данных с разным количеством звездочек имеет достоверные отличия ($p < 0.05$)

Обработка растворов ферментов при помощи ИК-облученного водного аэрозоля предотвращает их окислительную инактивацию

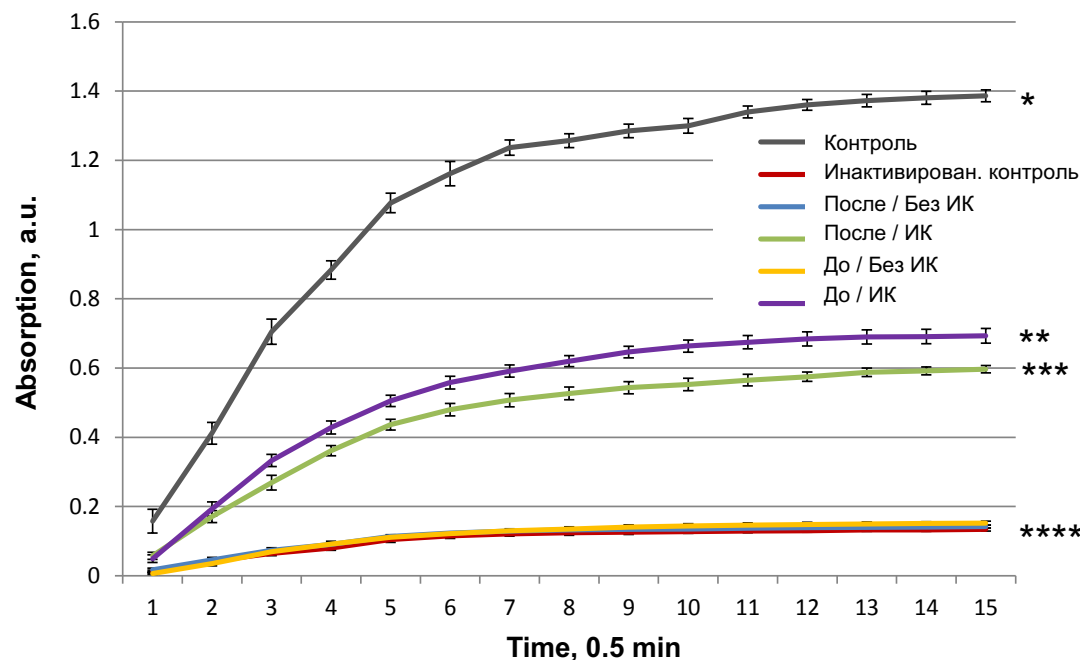


Рисунок 7. Активность *щелочной фосфатазы* после частичной окислительной денатурации. Обработка образцов фермента **до** и **после** окисления при помощи ИК-облученного водного аэрозоля привела к значительному восстановлению активности по сравнению с инактивированным контролем. *, **, *** - группы данных с разным количеством звездочек имеет достоверные отличия ($p < 0.05$)

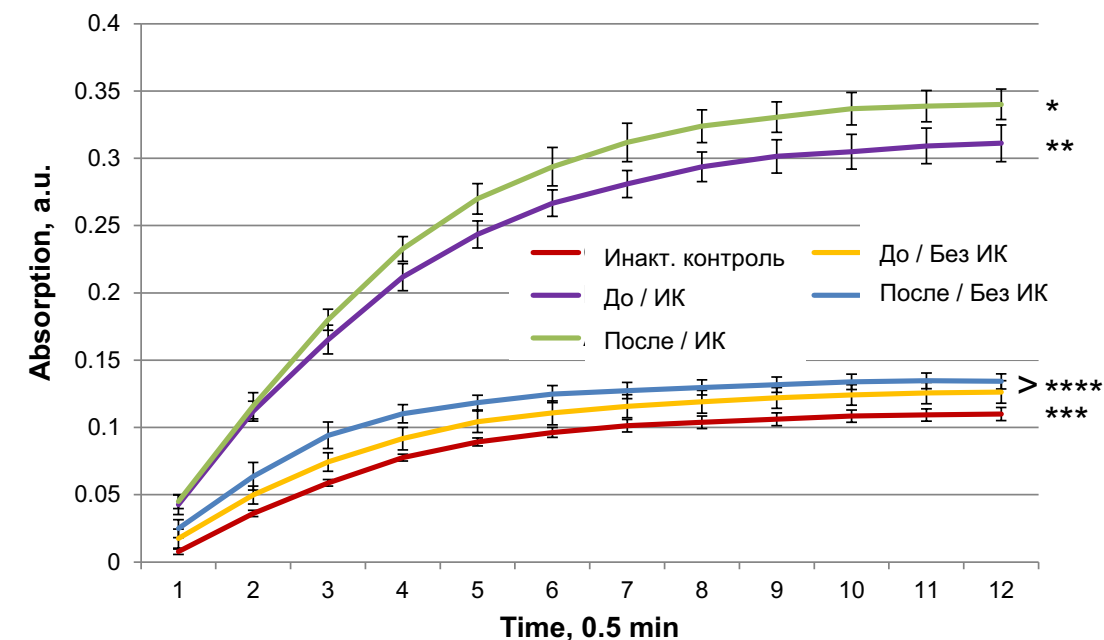


Рисунок 8. Активность *пероксидазы* после частичной окислительной денатурации. Обработка образцов фермента **до** и **после** окисления при помощи аскорбиновой кислоты и солей металлов при помощи ИК-облученного водного аэрозоля привела к значительному восстановлению активности по сравнению с инактивированным контролем. *, **, *** - группы данных с разным количеством звездочек имеет достоверные отличия ($p < 0.05$)

Обработка природной воды при помощи ИК-облученного водного аэрозоля понижает ОВП

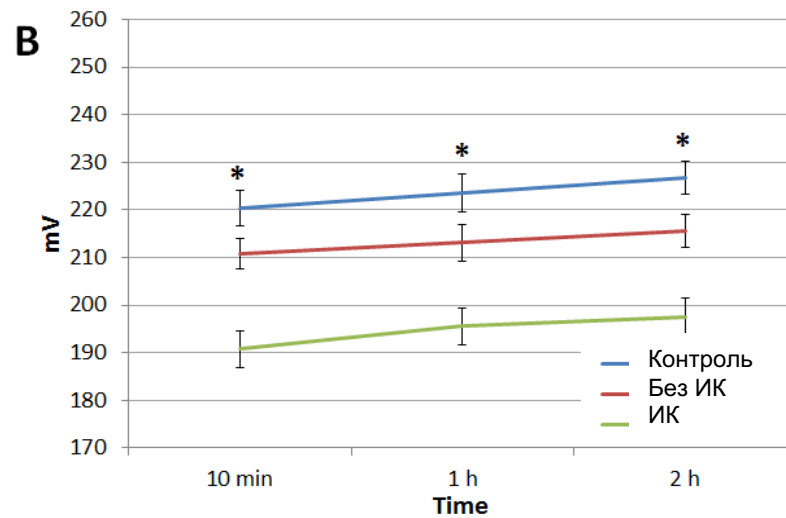
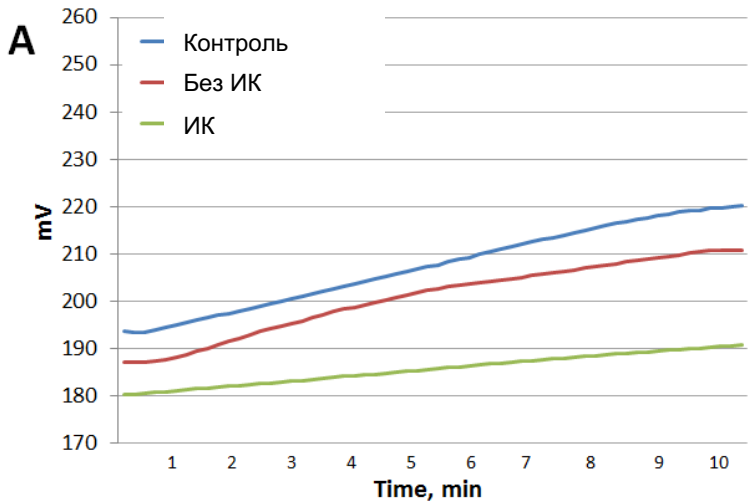
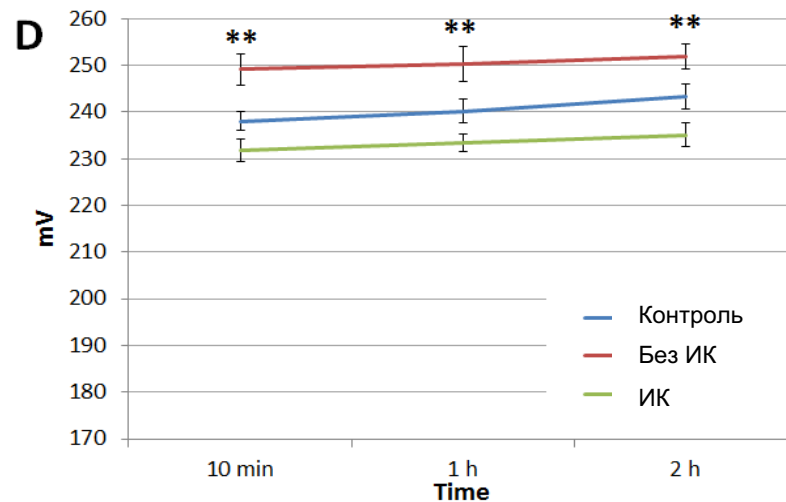
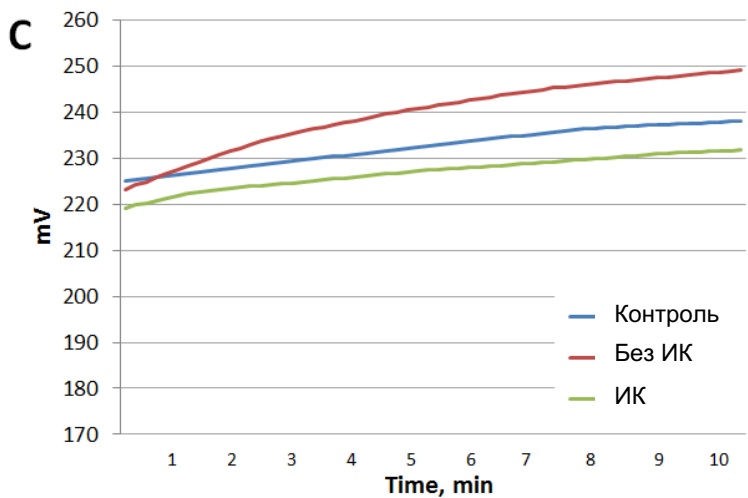


Рисунок 9. А. Изменение ОВП природной питьевой бутилированной воды Сенежская в одном частном измерении.

В. Изменение ОВП природной питьевой бутилированной воды Сенежская в 5 повторных измерениях. * - различия между разными линиями в этих точках достоверны ($p < 0.05$).



С. Изменение ОВП природной питьевой бутилированной воды Пилигрим в одном частном измерении.

Д. Изменение ОВП природной питьевой бутилированной воды Пилигрим в 5 повторных измерениях. ** - различия между разными линиями в этих точках достоверны ($p < 0.05$).

Электропроводность воды изменяется после обработки ИК-облученным водным аэрозолем в течение 7 минут

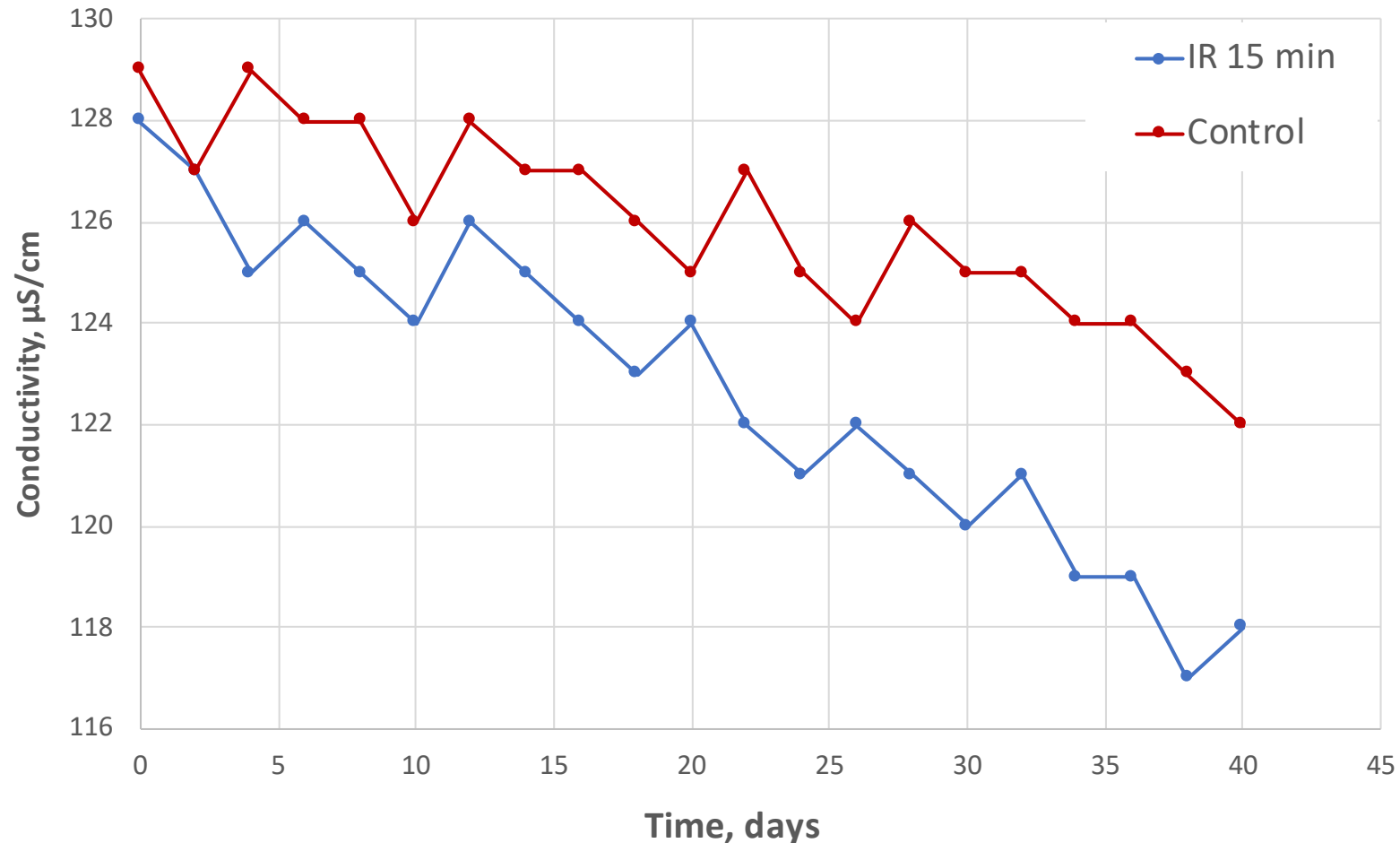


Рисунок 10. Изменение электропроводности очищенной воды в течение 40 суток в контроле (обработан аэрозолем без ИК) и образце, обработанном 1 раз при помощи ИК- облученного водного аэрозоля .

Спектрофотометрические отличия в талой воде, которая таяла при облучении ИК 4000 нм (5 шт. по 800 pW)

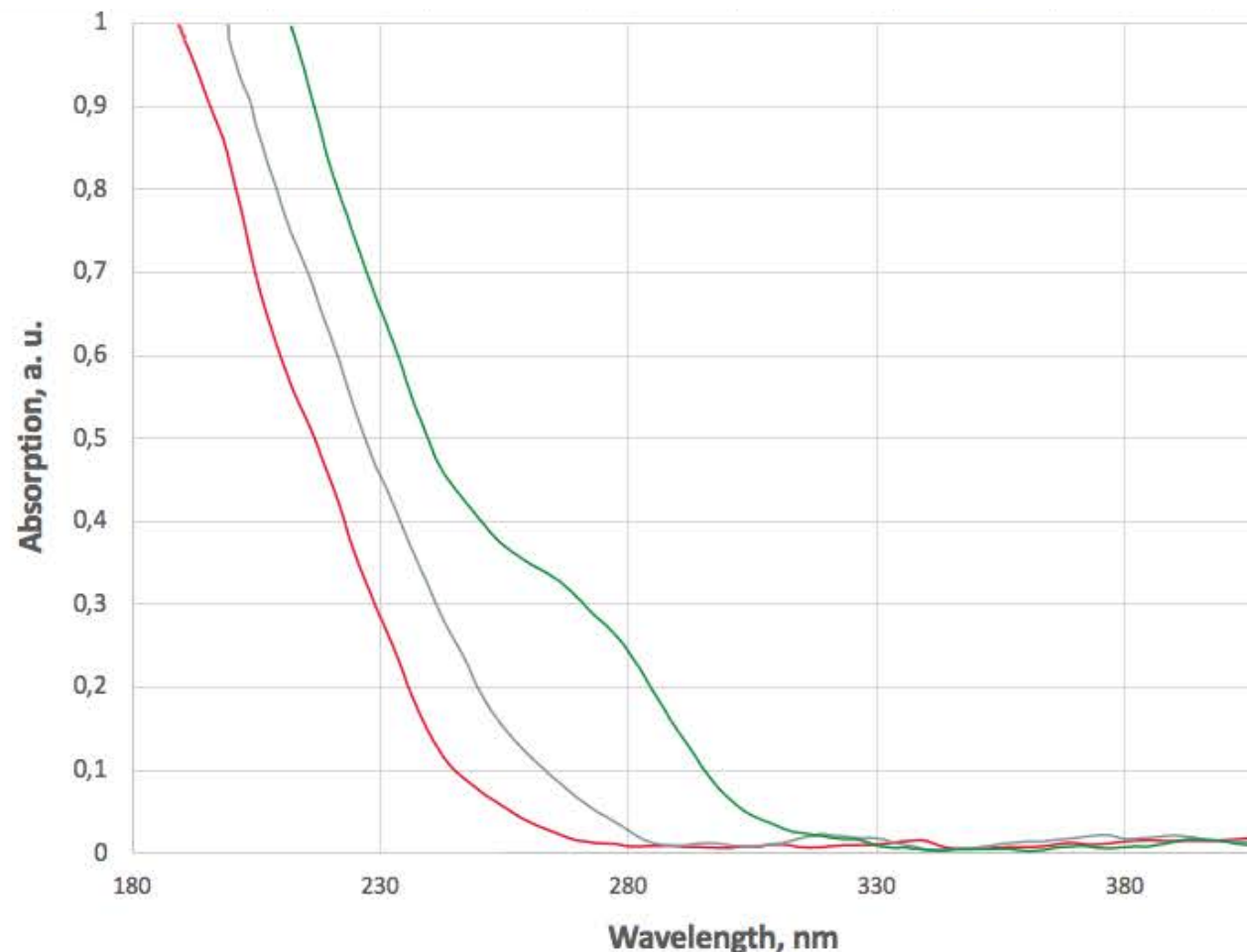


Рисунок 11. **Зеленая линия:** лёд таял при $t=1^{\circ}\text{C}$ при облучении 5 ИК-светодиодами с длиной волны 4000nm в переменном режиме по 3 секунды. **Красная линия** – дистиллированная вода; **серая линия** – обычная талая вода.

Отличия ИК-спектра талой воды, полученной при облучении льда при помощи ИК-диодов во время таяния ($5 \cdot 800 \text{ pW}$)

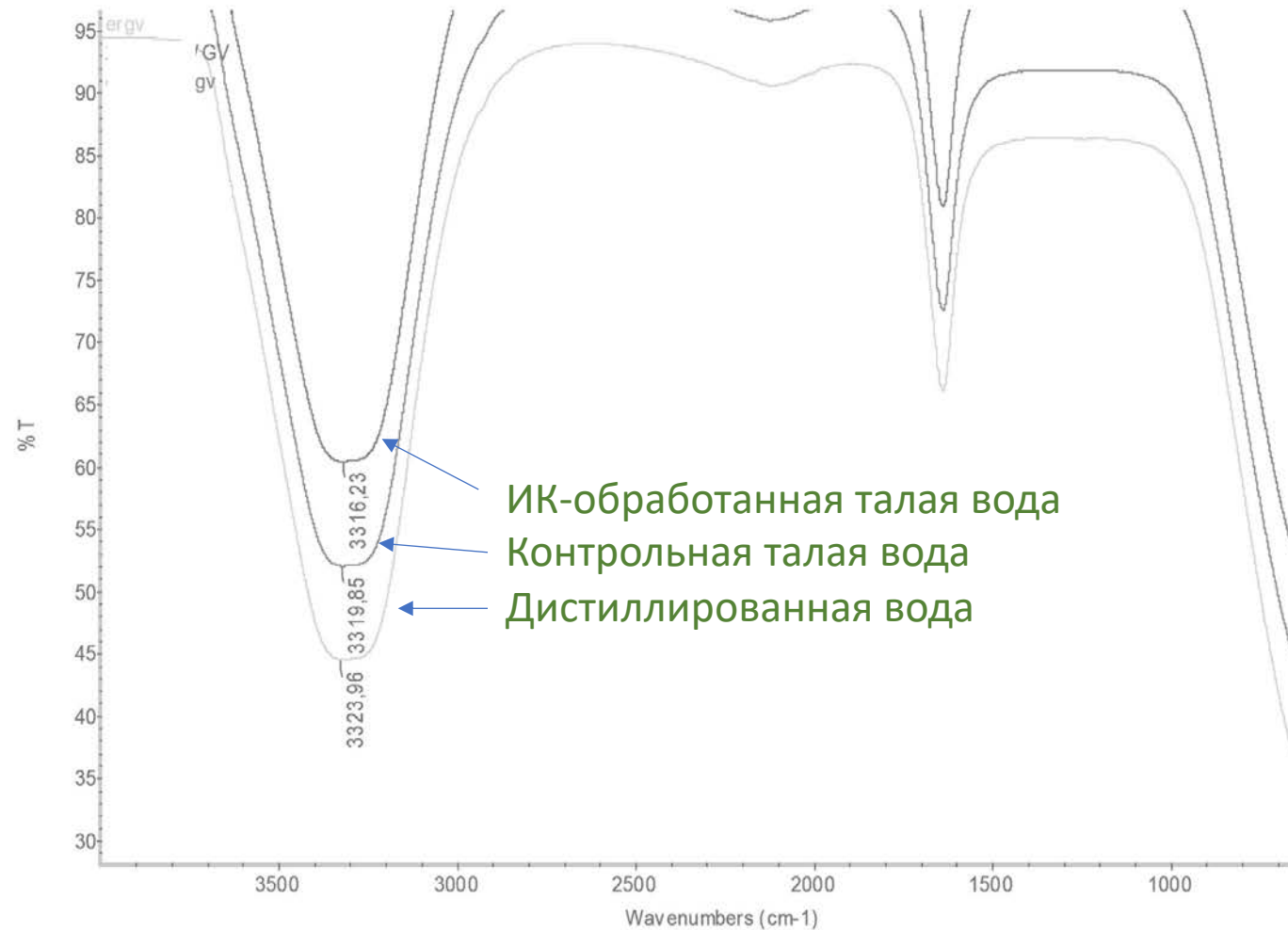
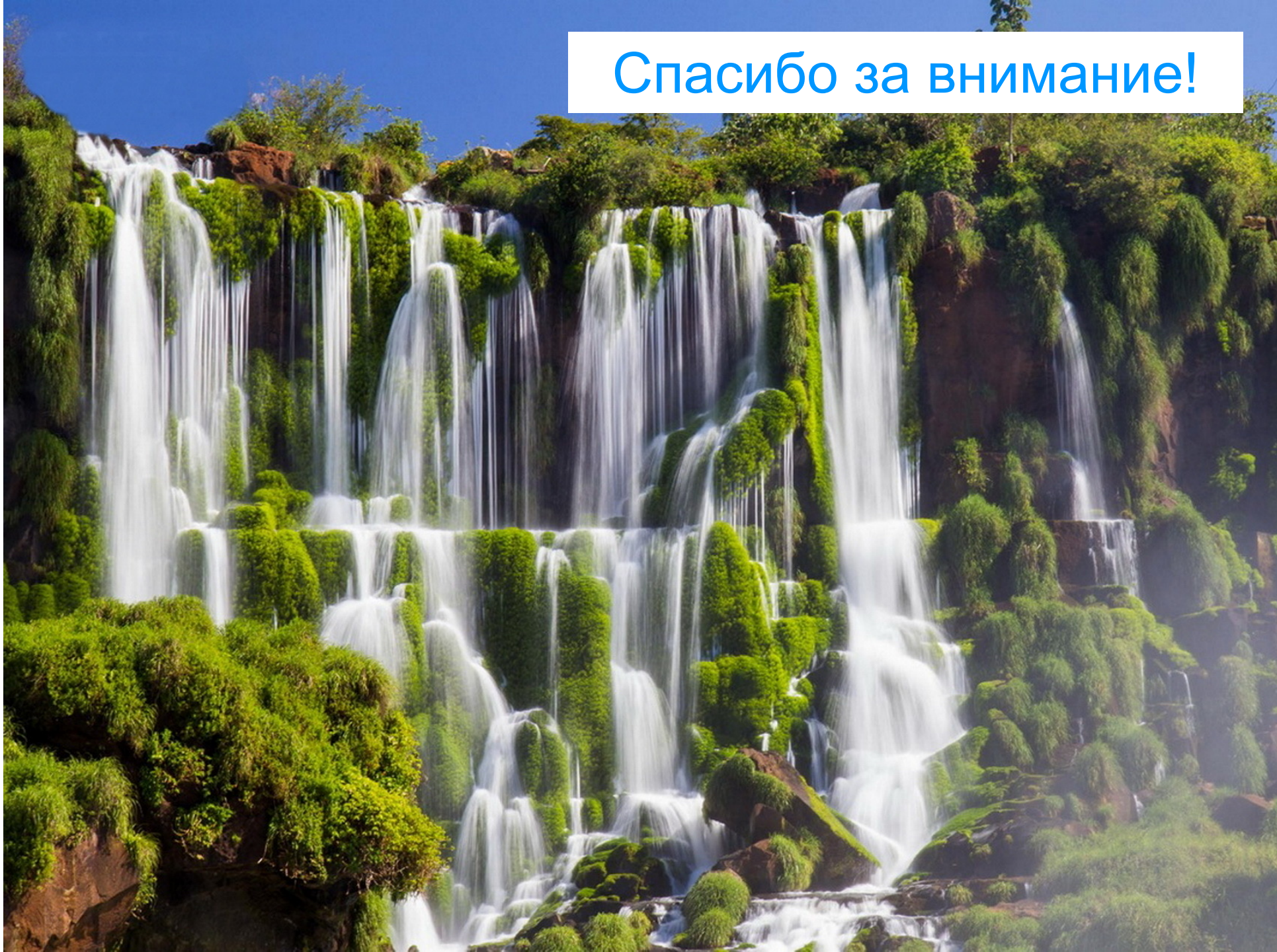


Рисунок 13. Спектр ИК-пропускания талой воды, полученной в результате таяния льда при ИК-облучении с длиной волны 4000 нм.

Выводы

1. Ингаляции ИК-обработанным водным аэрозолем приводят к увеличению ОАА слюны здоровых доноров;
2. Повышение ОАА сопровождается увеличению содержания антиоксидантов слюны;
3. Обработка ИК-облученным водным аэрозолем дрозофил увеличивает выживаемость мух в обычных условиях и в условиях окислительного стресса;
4. *In vitro* обработка ИК-облученным водяным аэрозолем
 - помогает частично сохранить активность ферментов при термической и окислительной денатурации;
 - понижает ОВП природных вод;
 - изменяет динамику изменения электропроводности дистиллированной воды.
5. Обработка льда ИК 4000 нм во время его таяния приводит к
 - появлению пика 270 нм в спектре поглощения;
 - изменениям в спектре ИК-поглощения.
6. ИК 4000 нм оказывает влияние на водные растворы *in vitro* и *in vitro* предположительно, благодаря изменению динамических и окислительно-восстановительных свойств воды, придавая ей свойства, схожие с EZ (exclusion zone) водой, подробно описанной Дж. Поллаком.

Спасибо за внимание!



The device consists of a humidifier, excitation unit and a control unit. The method involves humidification of the carrier air with water microdroplets, irradiating it with infrared electromagnetic energy and treatment of bulk water or other objects with the irradiated humid air. Unpurified ambient air with initial humidity of 25–30% is used as the carrier gas. The pump (in) takes in ambient air and presses it through the diffuser to water in the humidifier glass container. The pump (out) takes the humidified air above water in the humidifier glass container and presses it through the quartz glass tube of the excitation unit. Each pump creates an air output of 3–4 L per minute. The pump membrane is made of medical grade silicon rubber. The humidified airstream (70–85% humidity) goes to the excitation unit equipped with 24 LEDs, a heat sink element and a thermo sensor. The humid air goes through a 40 mm long quartz glass tube with an inner diameter of 3 mm. Within the glass tube, the water vapor absorbs energy that is emitted by the LEDs placed around the tube at a distance of 2.3 mm. The diameter of each LED is 4.7 mm, and they emit IR energy at about 4000 nm with a beam cone of 30° and the output power of 700 pW. The control unit allows to switch the LEDs off and to obtain the non-irradiated humid air for control measurements. After exiting the excitation unit, humid air exits the device through the 70 cm long flexible plastic outlet with the inner diameter of 3.2 mm.

The method of TAA measurement was adopted from Rice-Evans and Miller [23]. According to this technique, 20 μl of saliva were mixed with metmyoglobin to a final concentration of 2.5 μM , ABTS (150 μM), and hydrogen peroxide was added to a concentration of 75 μM to initiate the reaction. Saliva antioxidants suppress ABTS⁺ radicals that are generated in the course of the reaction of ABTS with ferrylmyoglobin radical species. The latter is formed in the course of interaction of metmyoglobin with H_2O_2 . Ferrylmyoglobin is required to perceive an electron from ABTS to form ABTS⁺ radicals. ABTS (5 mM) was prepared by dissolving 0.02743 g of ABTS in 10 ml of 0.05 M phosphate buffer, pH 7.5. All mentioned reagents were purchased from Sigma-Aldrich (St.Louis, USA).

A 0.5 M H_2O_2 solution was prepared by diluting 515 μl of 30% H_2O_2 to 10 ml in phosphate buffer. A working solution of 450 μM H_2O_2 was used for the antioxidant assay, which was prepared by diluting 45 μl of the previously obtained solution to 50 ml with phosphate buffer. Trolox (2.5 mM) was prepared by dissolving 0.156 g of Trolox (Sigma-Aldrich, St.Louis, USA) in 250 ml of phosphate buffer. The reagents were mixed as follows: 20 μl of saliva, 489 μl of buffer, 36 μl of 70 μM metmyoglobin, and 300 μl of 5 mM ABTS with vortexing for 2 minutes. The reaction was started by the addition of 167 μl of 450 μM H_2O_2 . The reaction mixture was transferred into a 1-cm cuvette in a spectrophotometer. The absorbance is measured at 734 nm for 5 min. The blue-green color was suppressed as the antioxidants of saliva quenched the radicals. This suppression is proportional to the TAA of saliva and can be compared to the standard activity of Trolox.

The FTIR measurements were carried out with an infrared spectrometer with Fourier transform (Thermo Scientific), equipped with a temperature-controlled semiconductor diode laser, of an optimized beam splitter KBr from 7800 to 350 cm^{-1} optimized in the middle infrared (Fig. 5). A standard detector - deuterated triglycine sulfate electrically cooled (TEC) with rapid recovery (DTGS) for maximum linearity of response, a background reference was taken with the empty cell before measuring a series of samples.