

## **Investigating the human hemoglobin fructation in the presence of propolis *in vitro***

Sahebi U<sup>1</sup>, Divsalar A<sup>1\*</sup>, Saboury AA<sup>2</sup>

1- Department of Cell and Molecular Biology, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, I. R. Iran.

2- Institute of Biochemistry and Biophysics, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran.

Received June 10, 2014; Accepted December 17, 2014

### **Abstract:**

**Background:** Propolis is a complex resinous mixture that is gathered and processed by honeybees from resin they collect from trees and plants. This substance has various biological properties. Glycation is a reaction, which occurs between a protein and a reducing sugar and finally causes structural alterations and destruction of proteins. The role of glycation has been approved in the development and aggravation of diabetic complications. This study aimed to examine the effect of ethanolic extract of propolis (EEP) on fructation and destruction of hemoglobin protein structure.

**Materials and Methods:** In this experimental study, purified hemoglobin was incubated alone and with fructose in the presence and absence of different concentrations of EEP (10, 20 and 40µg/ml) for 5 weeks. The extent of hemoglobin fructation was determined by measuring the amount of heme release, blue shift in soret band, releasing the products of heme destruction and assessing the amyloid structures using the UV-visible and fluorescence spectroscopy.

**Results:** Incubation of hemoglobin with fructose was led to the hemoglobin destruction and heme release. Hemoglobin fructation was inhibited up to 45% in the presence of EEP with a concentration of 40µg/ml. The two lower concentrations of EEP showed the lower degrees of inhibition. Moreover, fluorescence studies of products resulting from heme degradation and fibrillar structures are indicative of the reduction in hemoglobin fructation in the presence of EEP.

**Conclusion:** Hemoglobin is drastically glycated in the presence of fructose and EEP can decrease the hemoglobin fructation in a concentration-dependent manner.

**Keywords:** Fructation, Hemoglobin, Propolis, Antioxidant

\* **Corresponding Author.**

**Email:** divsalar@khu.ac.ir

**Tel:** 0098 21 611 13381

**Fax:** 0098 21 664 04680

**Conflict of Interests:** *No*

*Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, February, 2015; Vol. 18, No 6, Pages 553-563*

*Please cite this article as:* Sahebi U, Divsalar A, Saboury AA. Investigating the human hemoglobin fructation in the presence of propolis *in vitro*. *Feyz* 2015; 18(6): 553-63.

# بررسی تاثیر پروپولیس بر فروکته‌شدن هموگلوبین انسانی در شرایط آزمایشگاهی

یونس صاحبی<sup>۱</sup>، عادلہ دیوسالار<sup>۲\*</sup>، علی اکبر صبوری<sup>۳</sup>

خلاصہ:

**سابقه و هدف:** پروپولیس ترکیب رزینی پیچیده‌ای از ترشحات گیاهان مختلف است که توسط زنبور عسل جمع‌آوری و فرآوری می‌شود؛ این ماده دارای خواص بیولوژیک متعددی است. گلابکه‌شدن واکنشی است که بین یک پروتئین و یک قند احیاء‌کننده اتفاق می‌افتد و در نهایت موجب تغییرات ساختاری و تخریب پروتئین می‌شود و نقش آن در ایجاد و تشدید عوارض دیابت تایید شده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر عصاره‌ی اتانولی پروپولیس بر میزان فروکته‌شدن و تخریب ساختار هم موجود در هموگلوبین در شرایط آزمایشگاهی است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه تجربی هموگلوبین تخلیص‌شده به تنهایی و با فروکتوز در حضور و عدم‌حضور عصاره‌ی اتانولی پروپولیس با غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ μg/ml به مدت ۵ هفته انکوبه گردید. سنجش میزان فروکته‌شدن هموگلوبین از طریق اندازه‌گیری میزان آزادسازی گروه هم و جابه‌جایی باند سورت، تولید محصولات ناشی از تخریب هم و نیز بررسی ساختارهای آمیلوئیدی به کمک روش‌های طیف‌سنجی مرئی-ماوراء بنفش و فلوروسانس انجام شد.

**نتایج:** انکوباسیون هموگلوبین با فروکتوز باعث تخریب ساختار هموگلوبین و رهاسازی گروه هم شد. درحضور عصاره‌ی پروپولیس با غلظت ۴۰ μg/ml فروکته‌شدن هموگلوبین به میزان ۴۵ درصد مهار گردید. دو غلظت کمتر عصاره میزان مهار پایین‌تری را نشان دادند. همچنین، بررسی‌های انجام‌شده در مورد محصولات ناشی از تخریب هم و ساختار فیبریلا، نشان‌دهنده کاهش نسبی فروکته‌شدن هموگلوبین در حضور عصاره‌ی پروپولیس می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** هموگلوبین در حضور فروکتوز به شدت گلابکه می‌شود و عصاره‌ی اتانولی پروپولیس می‌تواند گلابکه‌شدن هموگلوبین را به صورت وابسته به غلظت کاهش دهد.

**واژگان کلیدی:** فروکته‌شدن، هموگلوبین، پروپولیس، آنتی‌اکسیدان

دو ماه‌نامه علمی- پژوهشی فیض، دوره هجدهم، شماره ۶، بهمن و اسفند ۱۳۹۳، صفحات ۵۶۳-۵۵۴

## مقدمه

ضمن این‌که پروپولیس به واسطه‌ی اثر ضد عفونی‌کنندگی و دارا بودن ویژگی‌های ضد میکروبی، کلونی آن‌ها را از بیماری‌ها محافظت می‌کند [۱]. پروپولیس از گذشته‌های دور به‌طور گسترده‌ای در طب سنتی به‌کار برده می‌شود. شواهد قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهد پروپولیس دارای خواص ضد عفونی‌کننده، ضد باکتریایی، ضد ویروسی، ضد التهاب، آنتی‌بیوتیک، ضد اکسیدان، ضد سمیت کبد، ضد زخم معده، ضد توموری و تحریک‌کننده‌ی سیستم ایمنی است [۲]. به‌طور کلی ترکیب پروپولیس مستقیماً متناسب با نوع ترشحات جوانه‌ای است که توسط زنبور عسل از درختان متنوع جمع‌آوری می‌شود. پروپولیس خام متشکل از ۵۰ درصد رزین (ترکیبی از فلاونوئیدها و فنولیک اسیدهای مربوطه، آروماتیک اسیدها و استرهای مربوطه، آلدئیدها و کتون‌ها)، ۳۰ درصد موم، ۱۰ درصد روغن‌های ضروری، ۵ درصد گرده و ۵ درصد ترکیبات آلی دیگر مانند ترپن‌ها، استروئیدها، ویتامین‌های مختلف، مواد معدنی و اسیدآمین‌ها است [۳،۴]. اخیراً پروپولیس محبوبیت یافته است و به‌طور گسترده‌ای در نوشیدنی‌ها و غذاهای سالم برای ارتقاء سلامت و پیشگیری از بیماری‌هایی مانند التهاب،

پروپولیس ترکیب رزینی پیچیده‌ای از ترشحات گیاهان مختلف است که توسط زنبور عسل از تکه‌های صمغ تراوش شده از جوانه‌ی برگ‌ها و شکاف‌های پوست درختان متنوع نظیر اکالیپتوس، صنوبر، شاه‌بلوط، کاج، نارون، بید و سپیدار جمع‌آوری می‌شود. در حین جمع‌آوری، موم و بتاگلوکوزیداز، مترشحه از غدد بزاقی زیر حلقی، مقداری بزاق و سایر ترشحات زنبور با آن مخلوط می‌شود. ماده‌ی محصول توسط زنبورها برای مهر و موم کردن کندو، حفاظت در برابر مهاجمان خارجی و مومیایی کردن اجساد استفاده می‌شود؛

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی، گروه علوم سلولی و مولکولی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی

<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم سلولی و مولکولی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی

<sup>۳</sup> استاد، مرکز تحقیقات بیوشیمی بیوفیزیک، دانشگاه تهران

## \* نشانی نویسنده مسئول:

تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم زیستی، گروه سلولی و مولکولی

تلفن: ۰۲۱ ۶۱۱۱۳۳۸۱ | دورنویس: ۰۲۱ ۶۶۴۰۴۶۸۰

پست الکترونیک: divsalar@khu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۰ | تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۹/۲۶

است، بنابراین ممکن است فروخته شدن هموگلوبین با افزایش استرس اکسیداتیو و عوارض ایجاد شده در بیماران دیابتی مرتبط باشد [۱۰]. از این رو، طراحی دارو و مهارکننده‌هایی برای پیشگیری از واکنش گلاایک شدن و کاهش عوارض ناشی از آن در بیماران دیابتی امری ضروری و مهم به نظر می‌رسد. تاکنون مواد شیمیایی و داروهای بسیاری مانند آسپیرین، دیکلوفناک و متفورمین مطالعه شده‌اند [۱۱] و نتایج برخی از آنها نیز مطلوب بوده است، اما از آنجایی که متاسفانه اکثر این مواد مطالعه شده دارای عوارض جانبی فراوانی بوده‌اند، در نتیجه تمایل به استفاده از مواد طبیعی که می‌توانند دارای عوارض بسیار کمتری باشند، افزایش یافته است. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر عصاره اتانولی پروپولیس بر میزان گلاایک شدن و تخریب هموگلوبین در حضور فروکتوز به صورت آزمایشگاهی است.

## مواد و روش‌ها

### تخلیص هموگلوبین

به منظور تهیه پروتئین هموگلوبین، ابتدا از افراد سالم و غیرسیگاری خون‌گیری شده و سپس با استفاده از پروتوکل Austen Riggs به صورت زیر تخلیص گردید [۱۲]: ابتدا محلول سدیم سیترات ۴ درصد (مرک، آلمان) به نسبت حجمی ۹ به ۱ برای جلوگیری از انعقاد، به نمونه خون اضافه گردید. سپس، جهت جداسازی سرم نمونه‌ی خون با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (مدل Hitachi) با دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ شده و در ادامه رسوب به دست آمده جهت شستشو، با محلول سالین ۹ درصد به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰ هزار و پس از آن مجدداً با بافر فسفات ۰/۲ مولار (مرک، آلمان) به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. سپس، آب دوبار تقطیر و سرد، جهت لیز شدن گلبول قرمز و رها شدن هموگلوبین به رسوب اضافه شده و با دور ۱۸۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و پس از آن جهت رسوب پروتئین‌های اضافی، سولفات آمونیوم ۲۰ درصد (مرک، آلمان) اضافه شد. این محلول به مدت یک ساعت با دور ۱۴۰۰۰ سانتریفیوژ گردید و در نهایت محلول رویی حاوی هموگلوبین به کیسه دیالیز منتقل شده و دیالیز علیه بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار در pH ۷/۴ و دمای ۴° سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انجام گردید. جهت اطمینان از خلص بودن نمونه هموگلوبین، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتو- متر، طیف مرئی- ماورابنفش از نمونه تهیه شده و عدم وجود ناخالصی تایید گردید (اطلاعات نشان داده نشده است). محلول نهایی حاوی هموگلوبین خلص بوده که به وسیله‌ی روش بردفورد [۱۳]، که روش بسیار حساس و دقیق پروتئین سنجی است، تعیین غلظت شد (نتایج نشان داده نشده است).

بیماری‌های قلبی، دیابت، پیری و سرطان استفاده می‌شود. پیشنهاد شده است که وجود مقادیر زیادی از فلاونوئیدها، اسیدهای آروماتیک و ترکیبات فنولی مسئول اکثر فعالیت‌های زیستی و دارویی پروپولیس است [۵]. تغییرات پس از ترجمه‌ای پروتئین‌ها نقش مهمی در کنترل عملکرد آنها دارد. تغییر پروتئین به وسیله‌ی گلاایک شدن، توالی پیچیده‌ای از واکنش‌های پی‌پی می‌باشد که در مجموع واکنش میلارد نامیده می‌شود. مرحله کلیدی در تغییر پروتئین‌ها توسط گلوکز، تشکیل باز شیف است که در نتیجه‌ی واکنش نوکلئوفیلی بین گروه آمین آزاد از یک پروتئین و گروه کربونیل از یک قند احیاءکننده اتفاق می‌افتد و به دنبال آن باز- آرای‌های آمادوری انجام می‌شود که محصول آمادوری را تولید می‌کند [۶]. محصولات آمادوری متحمل واکنش‌های دیگری مانند حلقوی شدن، بازآرایی، تراکم، آب‌دهی و برش اکسیداتیو می‌شوند تا در نهایت به محصولات پیچیده‌تری که دارای اتصالات متقاطع و نشر فلئورسانس هستند تبدیل شوند. این مشتقات، محصولات نهایی گلاایک شدن (AGEs) نامیده می‌شوند [۷]. نقش AGEها در فرآیند پیری و بسیاری از بیماری‌ها اثبات شده است. هم‌چنین، تغییرات غیرآنزیمی پروتئین‌ها با افزایش سطح قند خون در طی دوره‌های طولانی مدت در دیابت شیرین رابطه معنی دارد و نقش AGEها در ایجاد و تشدید عوارض دیابت تایید شده است [۸]. در میان مونوساکاریدهای احیاءکننده، فروکتوز اهمیت بسیاری دارد و ۷/۵ برابر قوی‌تر از گلوکز در فرآیند گلاایک شدن نقش دارد و ممکن است با عوارض دیابت مرتبط باشد. شنت گلوکز به فروکتوز از طریق مسیر پلی‌ال در شرایط دیابتی فعال‌تر می‌شود که منجر به افزایش غلظت فروکتوز می‌شود. بنابراین گلاایک شدن توسط فروکتوز که فروکتوزیلاسیون یا فروخته شدن (Fructation) نامیده می‌شود، فرآیندی محتمل‌تر در شرایط دیابتی به‌ویژه در بافت‌هایی مانند عدسی چشم، کلیه، قلب و اعصاب محیطی است که تنظیمی برای ورود قند وجود ندارد و قند آزادانه وارد سلول می‌شود، و مسیر پلی‌ال می‌تواند نقش‌هایی مهم در ایجاد عوارض پاتولوژیکی در این بافت‌ها بازی کند [۹]. در مقایسه با سطوح نرمال فروکتوز در اریتروسیت‌ها، غلظت این قند در اریترو- سیت‌های بیماران دیابتی تا چهار برابر افزایش می‌یابد و این امر می‌تواند باعث فروخته شدن هموگلوبین گردد. نشان داده شده است که فروخته شدن تغییرات ساختاری و عملکردی در هموگلوبین القا می‌کند و با تجزیه‌ی هم، آهن به راحتی از هموگلوبین فروخته رها می‌شود و این آهن آزاد، استرس اکسیداتیو ناشی از رادیکال آهن و تخریب ساختارهای سلولی مختلف را افزایش می‌دهد. افزایش واکنش‌های رادیکال آهن آزاد به‌ویژه در بیماران دیابتی قابل توجه

## عصاره‌گیری پروپولیس

پروپولیس جمع‌آوری شده از مناطق اطراف جنوب تهران در خرداد ۱۳۹۱ در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام عصاره‌گیری پروپولیس، ابتدا وزن مشخصی از قطعات خرد شده آن در الکل اتانول ۸۵ درصد به نسبت ۱۰ درصد وزنی/ وزنی حل شده و در دستگاه شیکر انکوباتور (مدل IKA KS 4000i) به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد با دور ۱۵۰ RPM انکوبه شد. پس از آن محلول حاصل با کاغذ واتمن شماره ۴ برای جداسازی قطعات درشت صاف گردید و مواد باقیمانده مجدداً به صورت بالا عصاره‌گیری و صاف شد. محلول صاف شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شده و سپس به منظور جداسازی موم با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف گردید [۱۴]. محلول حاصل به وسیله دستگاه روتاری تبخیر شده و سپس غلظت‌های مختلف عصاره با استفاده از اتانول تهیه گردید.

## انکوباسیون نمونه‌ها

جهت مطالعه‌ی آزمایشگاهی فروکنه‌شدن هموگلوبین نمونه‌های پروتئینی با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در حضور قند فروکتوز (مرک، آلمان) با غلظت ۴۰ میلی‌مولار (مشابه با حالت دیابتی) در بافر سدیم فسفات ۰/۴ میلی‌مولار انکوبه گردیدند. هم‌چنین، به منظور بررسی اثر پروپولیس بر میزان فروکنه‌شدن هموگلوبین، سه غلظت مختلف ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم [۵] در میلی‌لیتر عصاره‌ی پروپولیس به برخی نمونه‌ها افزوده شد. آسپیرین (سیگما، آمریکا) نیز با غلظت ۲/۵ میلی‌مولار به عنوان کنترل به برخی نمونه‌ها اضافه گردید. نمونه‌ها به صورت گروه‌های زیر انکوبه شدند: گروه ۱ شامل پروتئین هموگلوبین تنها به عنوان شاهد، گروه ۲ شامل هموگلوبین و فروکتوز، گروه ۳ شامل هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس با غلظت ۱۰  $\mu\text{g/ml}$ ، گروه ۴ شامل هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس با غلظت ۲۰  $\mu\text{g/ml}$ ، گروه ۵ شامل هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس با غلظت ۴۰  $\mu\text{g/ml}$  و گروه ۶ شامل هموگلوبین، فروکتوز و آسپیرین به عنوان کنترل. تمامی نمونه‌ها به مدت ۵ هفته در شرایط استریل و تاریکی در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در دستگاه شیکر انکوباتور با سرعت RPM ۴۰ انکوبه شده و در انتهای هر هفته نمونه‌برداری انجام گردید. نمونه‌های برداشت شده تا زمان مطالعه در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۱۵].

## مطالعات طیف سنجی مرئی-فرابنفش

این مطالعات جهت بررسی میزان آزادسازی هم و جابجایی باند سورت و میزان تاثیر پروپولیس در گلايک‌شدن هموگلوبین انکوبه‌شده در حضور فروکتوز در طی زمان‌های مختلف انکوباسیون انجام شد؛ بدین منظور میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۳۵۰ تا ۴۵۰ با فواصل یک نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی (Shimadzu, Japan) قرائت شده و طیف آن‌ها رسم گردید [۱۶].

## مطالعات فلورسانس

فروکنه‌شدن هموگلوبین باعث تجزیه هم و در نتیجه تشکیل محصولات همی می‌شود که دارای نشر فلورسانس هستند. با استفاده از مطالعات فلورسانس میزان تولید این محصولات سنجیده شد. این محصولات می‌توانند به عنوان معیاری جهت تعیین میزان گلايک‌شدن هموگلوبین در نظر گرفته شوند. نمونه‌های مختلف با استفاده از دستگاه فلورسانس (مدل کری) در طول موج ۴۶۰ نانومتر برانگیخته شده و میزان نشر آن‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر ثبت گردید [۱۷].

## تست تیوفلاوین

جهت تعیین وضعیت ساختار هموگلوبین گلايک‌شده از تست Thioflavin T استفاده شد. این ماده یک رنگ شناساگر است که به فیبرهای آمیلوئیدی حاصل از تغییرات ساختاری هموگلوبین متصل می‌شود و با این اتصال دارای خاصیت نشر فلورسانس می‌گردد. شدت فلورسانس حاصل معیاری از میزان گلايک‌شدن است. بدین منظور، نمونه‌های مختلف با تیوفلاوین تی (سیگما، آمریکا) به مدت ۱۵ دقیقه انکوبه شده و سپس میزان نشر فلورسانس آن‌ها در طول موج ۴۹۰ نانومتر پس از تهیهی در طول موج ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۸].

## آنالیز آماری

تمامی آزمایشات به صورت سه بار تکرار انجام گردید و تمامی اطلاعات ارائه شده در این مقاله میانگین نتیجه‌ی سه تکرار می‌باشند. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار InStat 3 و آزمون‌های آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه و تست توکی تجزیه و تحلیل شدند. سطح معنی‌داری زیر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

فروکتوز باعث افزایش تدریجی شدت فلئورسانس ناشی از محصولات همی در طی انکوباسیون می‌شود و با گذشت زمان از آغاز انکوباسیون شدت فلئورسانس افزایش بیشتری یافته و در هفته‌ی پایانی به میزان  $11 \pm 871$  واحد اختیاری (Arbitrary Unit) رسیده است، در حالی که شدت فلئورسانس نمونه هموگلوبین تنها تغییر محسوسی نداشته است و در هفته‌ی پنجم  $12 \pm 455$  واحد می‌باشد. از سوی دیگر حضور پروپولیس در نمونه‌های حاوی فروکتوز از افزایش شدت نشر در طی انکوباسیون جلوگیری نموده است؛ به‌صورتی که با افزایش غلظت پروپولیس شدت نشر کاهش یافته است. میزان شدت نشر در نمونه‌های حاوی پروپولیس با غلظت ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر در مقایسه با نمونه‌ی حاوی فروکتوز در هفته‌ی پایانی به  $12 \pm 831$  و  $14 \pm 766$  و  $11 \pm 680$  واحد کاهش یافته است ( $P < 0.05$ ). این میزان برای نمونه‌ی حاوی آسپیرین  $13 \pm 776$  واحد می‌باشد که تقریباً نزدیک به میزان شدت نشر در نمونه‌ی حاوی پروپولیس با غلظت دوم می‌باشد (نمودار شماره ۲).

#### مطالعات فلئورسانس تیوفلاوین

نتایج تست تیوفلاوین نمونه‌ها، قبل و بعد از انکوباسیون به‌صورت درصد تشکیل ساختارهای آمیلونیدی در نمودار شماره ۳ رسم شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود میزان ساختارهای بتا برای نمونه‌ی شاهد قبل و بعد از انکوباسیون به ترتیب  $1/3 \pm 15/30$  و  $0/96 \pm 16/56$  درصد می‌باشد، درحالی که در حضور فروکتوز (گروه ۲) این میزان به  $100$  درصد رسیده است که نشان‌دهنده‌ی افزایش شدید فلئورسانس تیوفلاوین است. از سوی دیگر، در نمونه‌های حاوی عصاره‌ی پروپولیس شدت نشر حاصل از تیوفلاوین به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است ( $P < 0.05$ ) و میزان درصد ساختارهای بتا در نمونه‌های حاوی عصاره پروپولیس با غلظت ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر به ترتیب به  $1/0 \pm 87/89$  و  $1/6 \pm 74/17$  و  $1/0 \pm 55/43$  درصد کاهش یافته است ( $P < 0.05$ ) که نشان می‌دهد روند افزایش نشر مهار شده است؛ به‌صورتی که با افزایش غلظت عصاره میزان مهار نیز افزایش یافته است. در غلظت سوم عصاره پروپولیس بیشترین میزان مهار مشاهده می‌شود که در آن شدت نشر تقریباً  $45$  درصد نسبت به نمونه حاوی فروکتوز کاهش یافته است. هم‌چنین، در نمونه کنترل حاوی آسپیرین میزان ساختارهای بتا به  $1/4 \pm 76/21$  درصد کاهش یافته است که اثری تقریباً برابر با غلظت  $20 \mu\text{g/ml}$  عصاره داشته است.

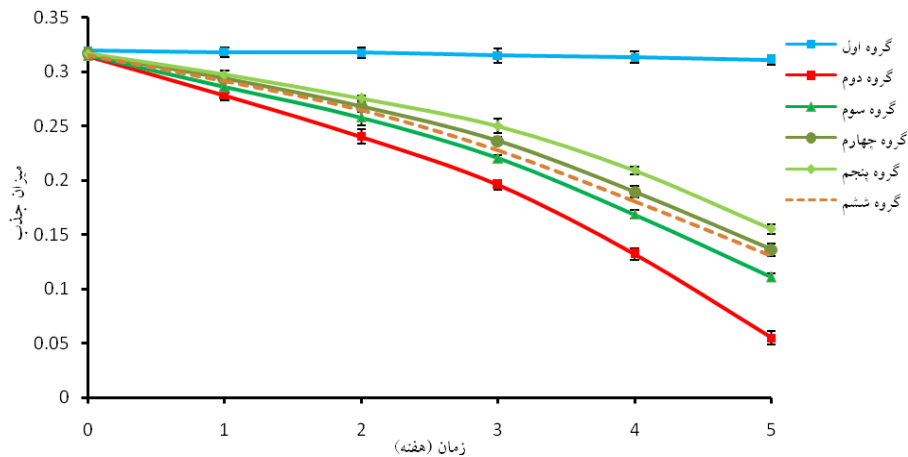
#### نتایج

##### مطالعات طیف سنجی مرئی-ماوراءبنفش

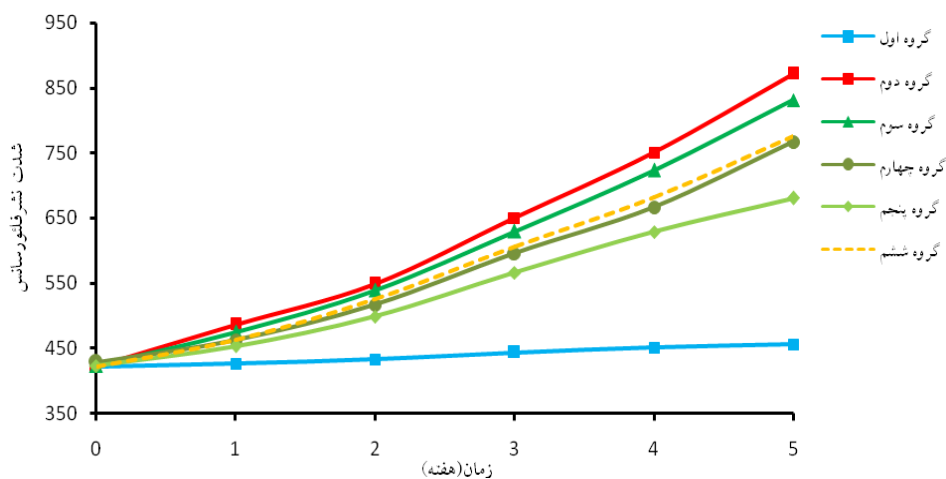
نتایج حاصل از مطالعات طیف سنجی مرئی-فرابنفش در نمودار شماره ۱ و جدول شماره ۱ نشان داده شده است. پیک ماکزیم طیف هر نمونه در هر هفته مشخص شده و سپس به‌صورت نمودار رسم شده است. نمودار شماره ۱ بالاترین میزان جذب نمونه‌های هموگلوبین مختلف در ناحیه باند سورت را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان جذب هموگلوبین تنها (گروه ۱) در طی انکوباسیون تغییر محسوسی نداشته است (میزان جذب بین  $0/319 \pm 0/003$  تا  $0/310 \pm 0/004$ )، درحالی که حضور فروکتوز (گروه ۲) باعث کاهش شدید میزان جذب در طی هفته‌های مختلف گردیده و در هفته‌ی پایانی میزان این جذب به پایین‌ترین مقدار یعنی  $0/055 \pm 0/006$  رسیده است. از طرف دیگر حضور پروپولیس در نمونه‌های حاوی قند از کاهش میزان جذب جلوگیری نموده است. پروپولیس در بالاترین غلظت خود ( $10 \mu\text{g/ml}$ ) قویترین اثر را داشته و غلظت اول آن ( $10 \mu\text{g/ml}$ ) دارای اثر کمتری بوده است، و میزان جلوگیری از کاهش جذب در حضور پروپولیس با غلظت  $20 \mu\text{g/ml}$  تقریباً معادل با اثر آسپیرین می‌باشد. مقادیر جذب هفته‌ی پایانی نمونه‌های حاوی پروپولیس با غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر به ترتیب برابر با  $0/111 \pm 0/003$  و  $0/136 \pm 0/005$  و  $0/155 \pm 0/004$  بوده است ( $P < 0.05$ ). همان‌گونه که جدول شماره ۱ نشان می‌دهد طول موج جذبی هموگلوبین در ناحیه باند سورت در طی انکوباسیون تغییری نکرده است و در تمامی هفته‌ها این طول موج  $414$  نانومتر است؛ درحالی که این طول موج در نمونه‌ی حاوی فروکتوز در طی انکوباسیون به تدریج به سمت طول موج‌های آبی تغییر پیدا نموده و در هفته پایانی به طول موج  $405$  نانومتر رسیده است. این در حالی است که در نمونه‌های حاوی پروپولیس از میزان این جابه‌جایی کاسته شده است. در نمونه‌ی حاوی پروپولیس با غلظت ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر، طول موج پیک جذبی در هفته‌ی پایانی به ترتیب برابر با  $408$ ،  $408$  و  $410$  نانومتر است ( $P < 0.05$ ). طول موج پیک جذبی در نمونه‌ی حاوی آسپیرین نیز  $408$  نانومتر است.

##### مطالعات فلئورسانس ذاتی

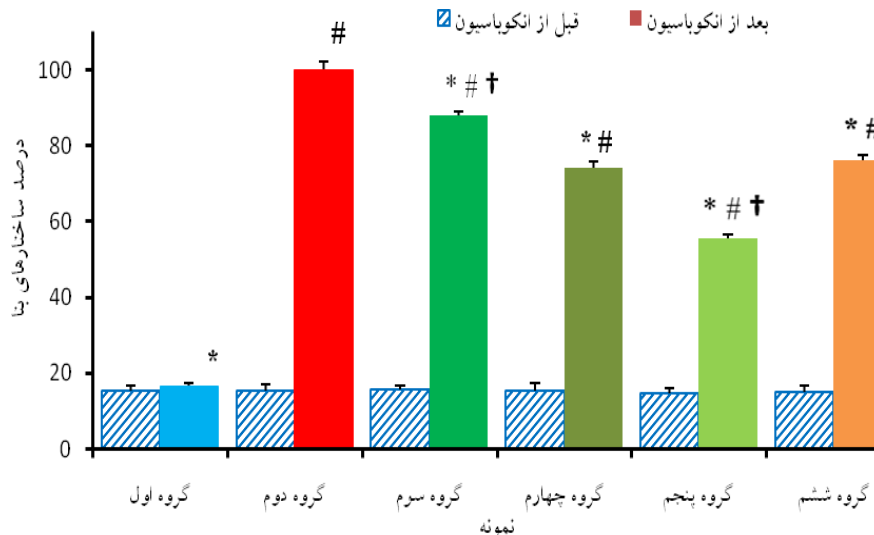
نتایج حاصل از بررسی میزان تولید محصولات فلورسنت حاصل از تجزیه هم در نتیجه گلایکه شدن هموگلوبین در مطالعات فلئورسانس نشان می‌دهد که انکوباسیون هموگلوبین در حضور



نمودار شماره ۱- مقایسه‌ی میزان کاهش جذب ناحیه باند سورت در اثر فروکنه‌شدن هموگلوبین در نمونه‌های مختلف؛ گروه ۱ حاوی پروتئین هموگلوبین، گروه ۲ حاوی هموگلوبین و فروکتوز، گروه ۳، ۴ و ۵ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس به ترتیب با غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم در میلی لیتر و گروه ۶ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و آسپیرین. با گذشت زمان میزان جذب نمونه در نمونه‌های گروه ۲ کاهش یافته است که نشان‌دهنده جابه‌جایی گروه هم در ساختار طبیعی در اثر فروکنه‌شدن می‌باشد؛ درحالی‌که در نمونه‌های گروه‌های حاوی پروپولیس از این کاهش جلوگیری شده است. با افزایش غلظت پروپولیس میزان مهار بیشتر می‌شود (به ترتیب گروه ۳، ۴ و ۵). نمونه حاوی هموگلوبین تنها تغییر محسوسی در طی آنکوباسیون نداشته است. نتایج میانگین سه بار تکرار  $\pm SD$  و سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  است.



نمودار شماره ۲- مقایسه‌ی میزان تولید محصولات ناشی از تخریب هم در نمونه‌های هموگلوبین در شرایط مختلف آنکوباسیون؛ گروه ۱ حاوی پروتئین هموگلوبین، گروه ۲ حاوی هموگلوبین و فروکتوز، گروه ۳، ۴ و ۵ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس به ترتیب با غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم در میلی لیتر و گروه ۶ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و آسپیرین. با تخریب هم به وسیله فروکنه‌شدن، هم آزاد شده باعث افزایش جذب شده است و با گذشت زمان و افزایش شدت تخریب میزان جذب افزایش یافته است (گروه ۲). در گروه‌های حاوی پروپولیس، روند افزایش جذب کاهش یافته که نشان‌دهنده مهار فروکنه‌شدن و تخریب هم می‌باشد. با افزایش غلظت هموگلوبین، به ترتیب از گروه ۳ تا ۵، میزان مهار افزایش یافته است. آسپیرین به عنوان ماده ضد گلاپیکه کنترل نیز مهار نشان داده است. نتایج میانگین سه بار تکرار  $\pm SD$  و سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  است.



نمودار شماره ۳- میزان تشکیل صفحات بتا در نمونه‌های مختلف، قبل و بعد از انکوباسیون در هفته پنجم. گروه ۱ حاوی پروتئین هموگلوبین، گروه ۲ حاوی هموگلوبین و فروکتوز، گروه ۳، ۴ و ۵ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس به ترتیب با غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم در میلی‌لیتر و گروه ۶ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و آسپیرین. افزایش ساختارهای بتا در نمونه گروه یک در مقایسه با هموگلوبین تنها (گروه ۱) نشان‌دهنده فروکنه شدن هموگلوبین و تغییرات ساختاری آلفا به بتا است؛ این در حالی است که نمونه‌های ۳، ۴ و ۵ از روند افزایش ساختارهای بتا کاسته شده است که نشان می‌دهد حضور پروپولیس مانع گلایکه شدن هموگلوبین شده و در نتیجه تغییرات ساختاری آلفا به بتا را مهار نموده است. با افزایش غلظت پروپولیس میزان مهار افزایش یافته است. آسپیرین نیز میزان مهار مشابه با نمونه‌ی حاوی پروپولیس با غلظت ۲۰ میکروگرم/لیتر نشان داده است. نتایج میانگین سه بار تکرار  $\pm SD$  است. # تفاوت معنی‌دار با گروه اول ( $P < 0.05$ ), \* تفاوت معنی‌دار با گروه دو ( $P < 0.05$ ), † تفاوت معنی‌دار با گروه شش ( $P < 0.05$ ).

جدول شماره ۱- مقایسه‌ی طول موج جذبی و تغییر آن در نمونه‌های هموگلوبین در شرایط انکوباسیون مختلف.

زمان (هفته)	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	گروه پنجم	گروه ششم
هفته صفر	۴۱۴	۴۱۴	۴۱۴	۴۱۴	۴۱۴	۴۱۴
هفته اول	۴۱۴	۴۱۳	۴۱۴	۴۱۴	۴۱۴	۴۱۴
هفته دوم	۴۱۴	۴۱۲	۴۱۳	۴۱۳	۴۱۳	۴۱۳
هفته سوم	۴۱۴	۴۱۰	۴۱۲	۴۱۲	۴۱۲	۴۱۲
هفته چهارم	۴۱۴	۴۰۸	۴۱۰	۴۱۰	۴۱۱	۴۱۰
هفته پنجم	۴۱۴	۴۰۵	۴۰۸	۴۰۸	۴۱۰	۴۰۸

گروه ۱ حاوی پروتئین هموگلوبین، گروه ۲ حاوی هموگلوبین و فروکتوز، گروه ۳، ۴ و ۵ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و عصاره‌ی پروپولیس به ترتیب با غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم در میلی‌لیتر و گروه ۶ حاوی هموگلوبین، فروکتوز و آسپیرین. مقادیر جذب نشان می‌دهد که نمونه هموگلوبین بدون قند، در طول انکوباسیون تغییری نداشته است که نشان‌دهنده‌ی طول موج جذبی هموگلوبین در این ناحیه است؛ درحالی‌که در نمونه‌های حاوی قند طول موج جذبی در طی انکوباسیون به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر جابه‌جا شده است که نشان‌دهنده تغییر در موقعیت هم اثر فروکنه شدن می‌باشد. حضور پروپولیس باعث کاهش جابه‌جایی طول موج جذبی هم شده است و با افزایش غلظت عصاره میزان جابه‌جایی به شدت کاهش یافته است (به ترتیب گروه‌های ۳، ۴ و ۵). آسپیرین به عنوان کنترل (گروه ۶)، به طور مشابه با نمونه حاوی پروپولیس با غلظت ۲۰ میکروگرم/میلی‌لیتر (گروه ۴) از جابه‌جایی طول موج جذبی جلوگیری نموده است.

مربوط به بخش پلی‌فنولی این عصاره می‌باشد [۲۰، ۱۹]. ترکیب عصاره‌ی پروپولیس ایرانی توسط محمدزاده و همکاران مشخص شده است. هم‌چنین، آنها بر روی اثر آنتی‌اکسیدانی این عصاره مطالعه نموده و نشان داده‌اند که عصاره‌ی اتانولی این ماده دارای

بجث نشان داده شده است که پروپولیس دارای اثرات مختلفی از جمله اثرات ضد سرطانی، ضد التهابی، ضد باکتریایی، ضد ویروسی، ضد قارچی و ضد اکسیدانی می‌باشد و این اثرات

خواص آنتی اکسیدانی قوی می‌باشد [۲۱]. عوارض دیابت شامل آسیب قلب، کلیه، عصب، عدسی چشم و شبکیه می‌باشد و در طی سال‌ها شواهدی فراهم شده است مبنی بر این که دیابت یک فاکتور خطر برای سایر بیماری‌های مرتبط با پیری مانند بیماری آلزایمر و انواع سرطان می‌باشد. اکثر این آسیب‌ها می‌توانند توسط گلائیکه-شده ایجاد شوند [۲۲]. چندین نوع ماده برای پیشگیری از گلائیکه-شده وجود دارد. آسپیرین احتمالاً اولین مولکولی است که برای پیشگیری از گلائیکه‌شدن استفاده شده است. به نظر می‌رسد که حفاظت در برابر گلائیکه‌شدن توسط آسپیرین به وسیله‌ی استیل-سیون گروه‌های آمینوی واکنش‌پذیر موجود در پروتئین‌ها است [۲۳]. در مطالعه قبلی نشان دادیم که آسپیرین گلوکوسه‌شدن هموگلوبین را مهار می‌کند [۲۴]. هم‌چنین، نشان داده شده است سایر داروهای ضد التهاب مانند ایبوپروفن و دیکلوفناک نیز گلائیکه‌شدن را مهار می‌کنند [۱۱]. Fuliang و همکارانش در مطالعه‌ی خود بر روی موش‌های دیابتی مشاهده نمودند که عصاره‌ی پروپولیس باعث کاهش قند خون این موش‌ها گشته و هم‌چنین باعث سرکوب عوامل اکسیدان و کاهش استرس اکسیداتیو می‌گردد. آن‌ها نشان دادند که سطح فروکتوزآمین در موش‌های دیابتی تیمار شده با عصاره پروپولیس کاهش می‌یابد؛ از آنجایی که این ماده اولین محصول در واکنش گلائیکه شدن می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که این عصاره می‌تواند باعث مهار این واکنش نیز گردد [۲۵]. در مطالعه‌ای دیگر Leandro و همکارانش اثبات نمودند که پروپولیس از شکنندگی گلبول‌های قرمز جلوگیری می‌نماید؛ آن‌ها نشان دادند که این اثر می‌تواند مربوط به فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروپولیس باشد [۲۶]. هم‌چنین، یک مطالعه‌ی بالینی دیگر تاییدکننده‌ی اثر پایدارکنندگی پروپولیس بر گلبول‌های قرمز می‌باشد. در این مطالعه نشان داده شده است که میزان اثربخشی پروپولیس وابسته به زمان است و دوره‌های تیمار بلند-مدت، اثرات پایدارتری دارند [۲۷]. ثامنی و همکاران نشان داده‌اند که این عصاره باعث افزایش وزن بدن و مهار افزایش سطح گلوکز خون، کلسترول، کراتینین و تری‌گلیسیرید در موش‌های دیابتی می‌شود [۲۸]. گلائیکه‌شدن باعث ایجاد تغییرات فعلیتی و ساختاری در هموگلوبین از جمله کاهش محتوای آلفا هلیکس و تضعیف اتصال بین هم و پروتئین می‌شود [۱۰]. گروه هم به‌طور طبیعی اتصال محکمی به گلوبین دارد و در این حالت دارای جذب نوری در باند سورت است، اما چنانچه این اتصال ضعیف گردد میزان جذب در این ناحیه کاهش می‌یابد و هم‌چنین با تغییر موقعیت هم در ساختار پروتئین، ممکن است پیک جذب این گروه به سمت طول‌موج‌های کوتاه‌تر جابه‌جا شود [۱۶]. گلائیکه‌شدن هموگلوبین

منجر به تغییر ساختار زنجیره‌های گلوبین و در نتیجه تضعیف اتصال و جابه‌جایی گروه هم می‌گردد که می‌تواند باعث کاهش جذب و جابه‌جایی پیک جذبی شود. هم‌چنین، پیشرفت گلائیکه-شدن ممکن است باعث آزاد شدن هم و تولید محصولات همی دارای نشر فلئورسانس گردد. از این تغییرات ساختاری می‌توان جهت سنجش میزان گلائیکه‌شدن به‌صورت کیفی استفاده نمود. در این مطالعه با استفاده از سنجش این تغییرات ساختاری میزان فروکتوسه‌شدن هموگلوبین در حضور و عدم‌حضور عصاره اتانولی پروپولیس بررسی شد. Bose و همکاران نشان داده‌اند که گلائیکه-شدن هموگلوبین باعث افزایش رهاسازی هم و افزایش آهن آزاد می‌شود که می‌تواند باعث افزایش استرس اکسیداتیو ناشی از آهن گردد [۹]. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که عصاره‌ی پروپولیس قادر به مهار نسبی فروکتوسه‌شدن هموگلوبین است و میزان مهار بستگی به غلظت‌های مختلف عصاره داشته و با افزایش غلظت عصاره میزان مهار نیز افزایش یافته است. نتایج حاصل از مطالعات اسپکتروسکوپی مرئی-ماورابنفش نیز نشان داد که حضور فروکتوز باعث کاهش شدید جذب در ناحیه‌ی باند سورت می‌شود و با گذشت زمان میزان کاهش جذب تشدید می‌شود که نشان‌دهنده‌ی فروکتوسه‌شدن هموگلوبین و تضعیف اتصال هم می‌باشد. این در حالی‌است که حضور عصاره‌ی پروپولیس از کاهش جذب به‌طور نسبی جلوگیری کرده و روند کاهشی جذب را کند می‌کند که نشان‌دهنده‌ی جلوگیری از رهاسازی هم از پروتئین است. هم‌چنین، اثر مهار عصاره با افزایش غلظت عصاره افزایش یافته و در بالاترین غلظت عصاره، میزان جذب حدود ۴۵ درصد نسبت به گروه دارای قند افزایش یافته بود. علاوه بر این، نتایج نشان داد که حضور عصاره‌ی پروپولیس از جابه‌جایی باند سورت در هموگلوبین طبیعی (۴۱۴) به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر (۴۰۸) در هموگلوبین گلائیکه جلوگیری می‌کند. از آنجایی که گلائیکه‌شدن باعث جابه‌جایی گروه هم در هموگلوبین و هم‌چنین کاهش جذب و جابه‌جایی پیک جذبی به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر می‌گردد، بنابراین احتمالاً پروپولیس به‌وسیله‌ی تداخل در واکنش فروکتوسه‌شدن و کاهش فروکتوسه‌شدن هموگلوبین از ایجاد تغییرات ساختاری و در نتیجه جابه‌جایی هم جلوگیری نموده است. کاهش جابه‌جایی در طول موج جذبی نیز می‌تواند به علت پیشگیری از جابه‌جایی هم در ساختار هموگلوبین باشد. هم‌چنین، با افزایش در شدت جذب در نمونه‌های حاوی پروپولیس، از جابه‌جایی طول موج جذبی نیز جلوگیری شده است که نشان‌دهنده‌ی پایدار شدن گروه هم در هموگلوبین است که می‌تواند ناشی از کاهش گلائیکه‌شدن و جلوگیری از تغییرات ساختاری در

آلفا به ساختارهای صفحه‌ای بتا شده است. این در حالی است که در حضور عصاره‌ی پروپولیس از افزایش نشر جلوگیری شده است که نشان‌دهنده‌ی کاهش تبدیل ساختارهای آلفا به ساختارهای آمیلو-ئیدی بتا و در نتیجه کاهش گلاایک شدن هموگلوبین است. حضور غلظت‌های مختلف پروپولیس میزان گلاایک شدن هموگلوبین را کاهش داده و از پیشرفت این واکنش جلوگیری نموده است؛ به طوری که با افزایش غلظت عصاره میزان نشر کاهش بیشتری یافته و ساختاری‌های آمیلوئیدی کمتری ایجاد شده است. در نتیجه با حفاظت از هموگلوبین در برابر گلاایک شدن، تغییرات ساختاری مهار شده و ساختارهای آلفای هموگلوبین حفظ می‌گردد و از تبدیل شدن ساختارهای آلفا به ساختارهای بتا جلوگیری شده است. با توجه به این مطلب که محصولات تولیدی ناشی از گلاایک شدن پروتئین‌ها باعث القای استرس اکسیداتیو می‌شوند و در نتیجه روند گلاایک شدن را تشدید می‌کنند، از این رو کاهش عوامل اکسیداتیو می‌تواند منجر به کاهش گلاایک شدن پروتئین‌ها گردد. بنابراین، مکانیسم توجهی برای اثر مهار عصاره پروپولیس می‌تواند بدین صورت باشد که این عصاره با توجه به آنکه غنی از عوامل آنتی‌اکسیدان قوی است، احتمالاً به وسیله‌ی سرکوب عوامل اکسیدان و کاهش استرس اکسیداتیو از گلاایک شدن هموگلوبین جلوگیری می‌نماید. از سوی دیگر، با گذشت زمان میزان گلاایک شدن تشدید می‌یابد، درحالی که در نمونه‌های حاوی پروپولیس روند افزایشی فروخته شدن به طور نسبی مهار می‌شود؛ به طوری که با افزایش غلظت عصاره میزان فعالیت عصاره پروپولیس نیز افزایش یافته و این واکنش را به میزان بیشتری مهار می‌کند که نشان‌دهنده این مطلب است که عصاره پروپولیس با مکانیسمی وابسته به غلظت و زمان فعالیت مهاری خود را القا می‌کند.

#### نتیجه‌گیری

نتایج فوق نشان می‌دهند که عصاره‌ی الکلی پروپولیس در غلظت‌های مختلف قادر به کاهش فرآیند فروخته شدن هموگلوبین در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد. تفاوت‌های مشاهده شده در میزان مهار در موارد مختلف که در این مطالعه سنجیده شده‌اند، ناشی از تفاوت در معیار سنجش در بخش‌های مختلف است، در نتیجه تفاوت در نتایج حاصل اجتناب‌ناپذیر است. هم-چنین، در این مطالعه مشاهده شد که میزان فروخته شدن هموگلوبین با گذشت زمان افزایش می‌یابد که این نتایج نشان-دهنده و تاییدکننده‌ی این امر است که گلاایک شدن فرآیندی وابسته به زمان است و با گذشت زمان شدت می‌یابد.

این پروتئین باشد. در مطالعات تولید محصولات همی تولید شده به واسطه‌ی گلاایک شدن نیز مشاهده شد که وجود قند فروکتوز در مجاورت هموگلوبین باعث افزایش نشر فلئورسانس ناشی از این محصولات می‌شود و با گذشت زمان میزان نشر به شدت افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده‌ی افزایش تولید محصولات همی در نتیجه‌ی فروخته شدن هموگلوبین است؛ در صورتی که حضور عصاره‌ی پروپولیس منجر به کاهش نشر فلئورسانس گردید؛ به طوری که با افزایش غلظت عصاره میزان نشر فلئورسانس کاهش بیشتری داشته و در غلظت سوم عصاره میزان تولید این محصولات تا ۵۰ درصد کاهش یافت. این محصولات همی از هم آزاد شده از هموگلوبین به واسطه‌ی گلاایک شدن این پروتئین تولید می‌شوند. کاهش نشر فلئورسانس محصولات همی در حضور عصاره‌ی پروپولیس نشان‌دهنده‌ی کاهش فروخته شدن هموگلوبین، مهار تغییرات ساختاری آن و رهاسازی هم هموگلوبین است. تیوفلاوین تی یک رنگ شناساگر است که به فیبرهای آمیلوئیدی متصل می-شود و با این اتصال دارای خاصیت نشر فلئورسانس می‌گردد. با استفاده از این رنگ می‌توان میزان نسبی ساختارهای آمیلوئیدی پروتئین‌ها را سنجید و با استفاده از آن ایجاد تغییرات ساختاری در پروتئین را شناسایی نمود. نشان داده شده است که گلاایک شدن تغییرات ساختاری در هموگلوبین القا می‌کند و باعث تبدیل ساختارهای آلفا به بتا می‌شود که منجر به کاهش ساختارهای آلفا هلیکس و افزایش میزان ساختارهای رشته‌ای بتا می‌گردد [۱۰]. بنابراین، با افزایش میزان گلاایک شدن پروتئین، ایجاد این تغییرات افزایش یافته و میزان بیشتری از ساختارهای آلفا به ساختارهای بتا تبدیل می‌شوند. گلاایک شدن به وسیله‌ی ایجاد تغییرات ساختاری باعث در معرض قرار گرفتن نواحی آب‌گریز پروتئین و در نتیجه افزایش هیدروفوبیسیته در میوگلوبین می‌گردد و کاهش محتوای آلفا و افزایش ساختارهای بتا را القا می‌کند [۲۹]. در صورت مهار گلاایک شدن، میزان این تغییرات و تبدیل ساختارها نیز کاهش می-یابد. نتایج بررسی‌های ساختاری هموگلوبین به وسیله‌ی تست تیوفلاوین در این مطالعه نشان داد که نمونه‌ی هموگلوبین شاهد به طور طبیعی ساختار بتای بسیار کمی دارد و در طی انکوباسیون میزان این ساختارها تغییر محسوسی نمی‌کند، در حالی که حضور فروکتوز در مجاورت هموگلوبین باعث افزایش نشر ناشی از تیوفلاوین می‌شود که نشان‌دهنده اتصال میزان بیشتری از این رنگ به ساختار هموگلوبین است. از آنجایی که این رنگ به ساختارهای آمیلوئیدی متصل شده و نشر فلئورسانس ایجاد می‌کند، از این رو این مساله نشان می‌دهد که فروکتوز به وسیله‌ی گلاایک نمودن هموگلوبین باعث القای تغییرات ساختاری و تبدیل ساختارهای

خوارزمی تهران و صندوق حمایت از پژوهشگران کشور (INSF) انجام شده است.

این مطالعه با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه

## References:

- [1] López BGC, Schmidt EM, Eberlin MN, Sawaya AC. Phytochemical markers of different types of red propolis. *Food Chem* 2014; 146: 174–80.
- [2] Monzote L, Cuesta-Rubio O, Fernandez MC, Hernandez IM, Fraga J, Pérez K, et al. *In vitro* antimicrobial assessment of Cuban propolis extracts. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2012; 107(8): 978-84.
- [3] Beyraghdar Kashkooli O, Ebrahimi Dorcheh E, Mahboobi-Soofiani N, Samie A. Long-term effects of propolis on serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecotox Environ Saf* 2011; 74(3): 315–18.
- [4] Zia M, Mannani R, Mahmoodi M, Bayat M, Mohaghegh F. The Effects of Alcoholic Extract of Propolis Obtained from Iran Bee Hives on the Growth of *Trichophyton Mentagrophytis*, *Trichophyton Rubrum* and *Trichophyton Verrucosum*. *J Isfahan Med Sch* 2009; 27(95): 232-41. [in Persian]
- [5] Falcão SI, Tomás A, Vale N, Gomes P, Freire C, Vilas-Boas M. Phenolic quantification and botanical origin of Portuguese propolis. *Ind Crop Pro* 2013; 49: 805–12.
- [6] Ho SC, Wub SP, Lin SM, Tang YL. Comparison of anti-glycation capacities of several herbal infusions with that of green tea. *Food Chem* 2010; 122: 768–74.
- [7] Li J, Liu D, Sun L, Lu Y, Zhang Z. Advanced glycation end products and neurodegenerative diseases: Mechanisms and perspective. *J Neurol Sci* 2012; 317(1-2): 1–5.
- [8] Wei Y, Han CS, Zhou J, Liu Y, Chen L, He RQ. D-ribose in glycation and protein aggregation. *Biochim Biophys Acta* 2012; 1820(4): 488–94.
- [9] Bose T, Chakraborti AS. Fructose-induced structural and functional modifications of hemoglobin: Implication for oxidative stress in diabetes mellitus. *Biochim Biophys Acta* 2008; 1780(5): 800–08.
- [10] Bakhti M, Habibi-Rezaei M, Moosavi-Movahedi AA, Khazaei MR. Consequential Alterations in Haemoglobin Structure upon Glycation with Fructose: Prevention by Acetylsalicylic Acid. *J Biochem* 2007; 141(6): 827–33.
- [11] Harding JJ, Ganea E. Protection against glycation and similar post-translational modifications of proteins. *Biochim Biophys Acta* 2006; 1764(9): 1436–46.
- [12] Riggs A. Preparation of blood hemoglobins of vertebrates. *Methods Enzymol* 1981; 76: 5-29.
- [13] Bradford MM. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Anal Biochem* 1976; 72: 248-54.
- [14] Valente MJ, Baltazar AF, Henrique R, Estevinho L, Carvalho M. Biological activities of Portuguese propolis: Protection against free radical-induced erythrocyte damage and inhibition of human renal cancer cell growth in vitro. *Food Chem Toxicol* 2011; 49(1): 86–92.
- [15] Yue DK, McLennan S, Handelsman DJ, Delbridge L, Reeve T, Turtle JR. The effect of salicylates on nonenzymatic glycosylation and thermal stability of collagen in diabetic rats. *Diabetes* 1984; 33(8): 745-51.
- [16] Cussimano BL, Booth AA, Todd P, Hudson BG, Khalifah RG. Unusual susceptibility of heme proteins to damage by glucose during non-enzymatic glycation. *Biophys Chem* 2003; 105(2-3): 743-55.
- [17] Nagababu E, Rifkind JM. Formation of fluorescent heme degradation products during the oxidation of hemoglobin by hydrogen peroxide. *Biochem Biophys Res Commun* 1998; 247(3): 592-6.
- [18] Schmitt A, Schmitt J, Münch G, Gasic-Milencovic J. Characterization of advanced glycation end products for biochemical studies: side chain modifications and fluorescence characteristics. *Anal Biochem* 2005; 338(2): 201-15.
- [19] Sforcina JM, Bankovab V. Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? *J Ethnopharmacol* 2011; 133(2): 253–60.
- [20] Kumazawa Sh, Hamasaka T, Nakayama T. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chem* 2004; 84: 329–39.
- [21] Yamagishi S, Matsui T. Advanced glycation end products, oxidative stress and diabetic nephropathy. *Oxid Med Cell Longev* 2010; 3(2): 101-8.
- [22] Mohammadzadeh S, Shariatpanahi M, Hamed M, Ahmadkhaniha R, Samadi N, Ostad SN. Chemical composition, oral toxicity and antimicrobial activity of Iranian propolis. *Food Chem* 2007; 103(4): 1097-103.
- [23] Shi Q, Yan H, Li MY, Harding JJ. Effect of a combination of carnosine and aspirin eye drops on streptozotocin - induced diabetic cataract in rats. *Mol Vis* 2009; 15: 2129-38.
- [24] Divsalar A, Behroozi J, Saboury AA, Poursasan N. Preservative effects of Aspirin on Human Hemoglobin glycation in Diabetic Condition. *Armaghan Danesh* 2013; 18(6): 10. [in Persian]
- [25] Fuliang HU, Hepburn HR, Xuan H, Chen M, Daya S, Radloff SE. Effects of propolis on blood

glucose, blood lipid and free radicals in rats with diabetes mellitus. *Pharmacol Res* 2005; 51(2): 147-52.

[26] Moreira LL, Dias T, Dias LG, Rogão M, Da Silva JP, Estevinho LM. Propolis influence on erythrocyte membrane disorder (hereditary spherocytosis): A first approach. *Food Chem Toxicol* 2011; 49(2): 520-6.

[27] Jasprica I, Mornar A, Debeljak Ž, Smolčić-Bubalo A, Medić-Šarić M, Mayer L, et al. In vivo study of propolis supplementation effects on antioxidative status and red blood cells. *J*

*Ethnopharmacol* 2007; 110(3): 548-54.

[28] Sameni H, Ramhormozi P, Bandegi A, Taherian A, Safari M, Amjad M. Effects of hydroalcoholic extract of Iranian Propolis on blood serum biochemical factors in streptozotocin-induced diabetic rats. *Koomesh* 2014; 15(3): 388-95. [in Persian]

[29] Roy A, Sil R, Chakraborti AS. Non-enzymatic glycation induces structural modifications of myoglobin. *Mol Cell Biochem* 2010; 338(1-2): 105-14.