Original Article

A Comprehensive Review of the Chemical Composition of Honey

Zahra Sobhani Damavandifar,[1*] Majid Talebi,[1] Dariush Minai-Tehrani[2*]

[1] Faculty of Biological Sciences and Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[2] Department of Cellular and Molecular Biology, Faculty of Biological Sciences and Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Honey, also known as "engabin," is a sweet and complete food that provides health for the body and soul of humans. This substance is not only a vital food source but also has other uses. In ancient times, honey was used for mummifying corpses. Natural honey has many therapeutic properties due to its various sugar compounds, amino acids, enzymes, phenolic compounds, minerals, vitamins, pigments, and aromatic substances. The source of these compounds is the nectar of flowers or the body of honey bees or microorganisms. An important feature of honey is that this natural substance does not spoil for a long time due to its low water content. Natural honey has various health benefits. It has been shown that the origin of physical and mental diseases is internal and external stresses. These compounds lead to an increase in harmful compounds known as reactive radical and non-radical species, which cause the oxidation of compounds such as proteins and lipids and lead to chronic inflammation in tissues and organs. This chronic inflammation causes widespread cell death and reduces the normal function of organs. Honey contains very strong antioxidant and anti-inflammatory compounds that deactivate reactive species, especially free radicals, thus treating various inflammatory diseases such as cardiovascular, respiratory, skin, neurological problems, diabetes, obesity, various cancers, and other deficiencies. Among the anti-inflammatory compounds in honey, polyphenols play a very effective role in the therapeutic properties of honey. Honey not only treats but also prevents various diseases. This property is due to the regulation and strengthening of the immune system's activity, which will have a high defensive capacity against various infections. Polyphenols also create the diverse colors of honeys. Of course, other pigments such as carotenoids and xanthophylls are also present in honey, and all these pigments have antioxidant and anti-inflammatory properties. Darker honey has higher therapeutic properties. Honey also has therapeutic, disinfectant, and antimicrobial properties due to the presence of compounds such as hydrogen peroxide and small peptides, and it helps repair tissues and improve and treat various internal wounds like digestive ulcers and external wounds like dryness, spots, and acne, as well as eczema. Unlike common medications, consuming honey has no side effects. Honey contains enzymes, most of which originate from bees. Therefore, the type and breed of honeybee significantly affect the abundance and activity of the enzymes present in honey. Some of these enzymes increase the antibacterial properties of honey, while others are used to determine the freshness of honey. The shelf life of honey and its aging reduce the activity of honey's enzymes. The chemical compounds in honey depend on the type of food the bee consumes, such that the type of nectar the bee feeds on causes differences in the chemical composition and quality of honey. Properties such as the color, smell, and taste of honey relate to the bee's diet from flower nectar. The best way

[*] Corresponding Author Email Address: sobhanizahra10@gmail.com; d_mtehrani@sbu.ac.ir

to distinguish natural honey from fake honey is to measure the chemical factors of honey in a specialized laboratory. Given the numerous frauds in the honey industry, familiarity with the content of honey can raise public awareness. Natural honey is a very effective substitute for various medications.

Keywords: Honey, Chemical compounds, Antioxidants, Phenolic compounds

نسخه پیش انتشار

مقاله پژوهشی

مروری جامع بر ترکیبات شیمیایی عسل

زهرا سبحانی دماوندی فر[1]، مجید طالبی[1]، داریوش مینایی تهرانی[2]*

[1] آزمایشگاه تخصصی عسل، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی ، تهران، ایران

[2]گروه زیست شناسی سلولی - مولکولی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

نسخه پیش انتشار

عسل که با نام «انگبین» نیز شناخته می‌شود، ماده غذایی شیرین و کامل، جهت تامین سلامت روح و جسم انسان می باشد. این ماده نه تنها یک منبع غذایی حیاتی است، بلکه استفاده های دیگری نیز دارد. در زمانهای بسیار دور از عسل برای مومیایی کردن اجساد استفاده می شده است. عسل طبیعی به دلیل داشتن انواع ترکیبات قندی، آمینواسیدها، آنزیم ها، ترکیبات فنلی، املاح معدنی ، ویتامین ها ، رنگدانه ها و مواد معطر دارای خواص درمانی بسیار زیادی است. منشاء این ترکیبات از شهد گل یا بدن زنبور عسل و یا میکروارگانیسم ها می باشد. یک ویژگی مهم عسل آن است که این ماده طبیعی به دلیل داشتن آب اندک، در مدت طولانی فاسد نمی‌شود. عسل طبیعی فواید سلامتی مختلفی دارد. مشخص شده است که منشا بیماری های بدنی و روانی، استرس های داخلی و خارجی می باشند. این ترکیبات سبب افزایش ترکیبات مضری به نام گونه های فعال رادیکالی و غیر رادیکالی میشوند که سبب اکسیداسیون ترکیباتی چون پروتیین ها و لیپیدها می شوند و سبب ایجاد التهاب مزمن در بافت ها و اندام ها می شوند. این التهاب مزمن سبب مرگ گسترده سلول ها و کاهش کارکرد طبیعی اندام می شوند. عسل حاوی ترکیبات آنتی اکسیدان و ضد التهاب بسیار قوی است که گونه های فعال بخصوص رادیکال های آزاد را غیر فعال کرده و بدینترتیب سبب درمان انواع بیماری های التهابی مانند مشکلات قلبی عروقی، تنفسی، پوستی، عصبی، دیابت، چاقی و انواع سرطان ها و سایر نارسایی ها می شود. در بین ترکیبات ضد التهابی عسل، پلی فنل ها نقش بسیار موثری در خواص درمانی عسل دارند.عسل نه تنها سبب درمان بلکه سبب پیشگیری از انواع بیماریها می شود. این خاصیت بدلیل تنظیم و تقویت فعالیت سیستم ایمنی می باشد که در برابر انواع عفونت ها، بدن دارای ظرفیت بالای دفاعی خواهد بود. پلی فنل ها همچنین سبب ایجاد رنگ های متنوع عسل ها می شوند. البته رنگدانه های دیگر مانند کاروتنویید ها و گزانتوفیل ها هم در عسل وجود دارند که تمامی این رنگدانه ها خواص آنتی اکسیدانی داشته و ضد التهاب می باشند. به این دلیل عسل های تیره تر خواص درمانی بالاتری دارند.عسل همچنین بدلیل وجود ترکیباتی چون آب اکسیژنه و پپتیدهای کوچک، خواص درمانی، ضدعفونی کننده و ضد میکروبی دارد و سبب ترمیم بافت ها و بهبود و درمان انواع زخم ها ی درونی مانند زخم های گوارشی و بیرونی مانند انواع خشکی ها، لک و آکنه، اگزما می شود. برخلاف انواع داروهای رایج، مصرف عسل هیچگونه عوارض جانبی ندارد. عسل دارای آنزیم هایی است که منشاء اکثر آنها از زنبور است. بنابراین نوع و نژاد زنبور عسل تاثیر زیادی بر فراوانی و فعالیت آنزیمهای موجود در عسل دارد. برخی از این آنزیم ها سبب افزایش خاصیت آنتی باکتریال عسل شده و برخی برای پی بردن به تازگی عسل استفاده می شوند. ماندگاری عسل

† Corresponding Author Email Address: sobhanizahra10@gmail.com; d_mtehrani@sbu.ac.ir

و کهنه شدن آن سبب کاهش فعالیت آنزیم های عسل می شود. ترکیبات شیمیایی موجود در عسل بستگی به نوع تغذیه زنبور دارد، بطوریکه نوع شهدی که زنبور از آن تغذیه نموده است، سبب تفاوت در ترکیبات شیمیایی عسل و کیفیت آن می شود. خواصی همچون رنگ، بو و مزه عسل به تغذیه زنبور از شهد گل باز می گردد. بهترین راه تشخیص عسل طبیعی از عسل تقلبی اندازه گیری فاکتور های شیمیایی عسل در آزمایشگاه تخصصی است. با توجه به تقلبات فراوانی که در صنعت عسل وجود دارد، آشنایی با محتوای عسل، می تواند سبب آگاهی مردم شود. عسل طبیعی جایگزین بسیار موثری برای انواع داروها می باشد. در این مقاله سعی شده است اطلاعات جامعی از ترکیبات شیمیایی عسل طبیعی ارائه شود.

واژه های کلیدی: عسل، ترکیبات شیمیایی، آنتی اکسیدان، ترکیبات فنلی

مقدمه

عسل طبیعی ماده غذایی کامل و شفا بخش است که تحقیقات گسترده ای از گذشته تا به امروز، خواص دارویی آن را به اثبات رسانده و نشان داده شده که زنبور عسل جهت تولید این ماده دارویی به بهترین و کاملترین شکل عمل نموده است. محتویات موجود در عسل به منشا گیاهی و منطقه جغرافیایی آن مربوط است. عسل به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی مختلف، دارای خاصیت دارویی بوده و در کاهش التهاب، ترمیم زخم و درمان انواع بیماری های جسمی و روحی موثر می باشد. همچنین خاصیت ضد میکروبی عسل نیز به اثبات رسیده است (Eteraf –Oskouei 2013, Sawicki et al 2022 ،Almasaudi S. 2021 ,Samarghandian et al 2017).

مشخص شده است که شهد گل، منشا اغلب ترکیبات شیمیایی موجود در عسل طبیعی است. همچنین منشا برخی از ترکیبات عسل نیز بدن زنبور است. زنبور عسل[1] هنگام مکیدن شهد و انتقال آن به کندو، برخی از آنزیم ها را به شهد می افزاید که سبب تغییرات شیمیایی و فرآوری مواد موجود در آن می شود (Tafere 2021). عسل های طبیعی بر اساس منطقه ای که زنبور در آن حرکت و تغذیه کرده است به دو دسته عسل تک گل و چند گل دسته بندی می شوند که بر این اساس رنگ، مزه ، بو و خواص دارویی آن نیز متفاوت خواهد بود (Ranneh et al 2021).

در بسیاری از تحقیقات انجام شده تا به امروز، منشا بسیاری از بیماری های روان – تنی انسان بر اثر التهاب مزمن بافت ها می باشد که به خاطر عوامل تنش زای داخلی یا خارجی پدید می آید. عوامل تنش زا سبب افزایش مقدار ترکیبات فعال رادیکالی و غیر رادیکالی در بدن می شوند که ترکیبات فوق از طریق واکنش های اکسیداسیون، به ساختار مولکول های DNA، پروتئین ها و

1- *Apis mellifera*

نسخه پیش انتشار

آنزیم ها و لیپیدهای درون سلولی و برون سلولی آسیب های جدی وارد می کنند (Bogdanov et al 2008). عسل طبیعی به دلیل داشتن طیف وسیعی از انواع مواد موثره شیمیایی مانند ترکیبات فنلی، ویتامین ها، رنگدانه ها و آنزیم ها نقش مهمی در خنثی نمودن رادیکال های آزاد دارند که بدن را از صدمات اکسیداتیو و بیماریهای مختلف حفظ می کنند (Ramli et al 2018) . هدف از این مقاله، معرفی و بررسی ترکیبات بیوشیمیایی عسل است تا اطلاعات جامعی را در اختیار خوانندگان قرار دهد.

ترکیبات شیمیایی عسل طبیعی

عسل طبیعی دارای آب، مواد قندی، اسیدهای آلی (شامل اسیدهای آمینه، اسیدهای فنلی و اسیدهای آلیفاتیک) ، آنزیم ها، ترکیبات فنلی، رنگدانه ها ، ویتامین ها، املاح معدنی، مواد معطر و سایر ترکیبات آلی می باشد (Tafere 2021) که به ترتیب به شرح هر یک پرداخته می شود.

آب: منشا آب در عسل از شهد گیاه می باشد. بطور متوسط آب موجود در شهد گل ها حدود ۸۰ در صد می باشد در حالیکه مقدار آب در عسل بایستی کمتر از ۲۰ در صد باشد (استاندارد عسل ایران ۹۲). این کاهش قابل توجه آب، هنگام مکیدن شهد و نگهداری آن در کیسه عسلی زنبور، دهان به دهان کردن شهد و بال زدن مداوم زنبور در مجاورت خانه های شش گوش کندو که سبب تبخیر آب و تغلیظ عسل می شود، رخ می دهد (Heil 2011). اگر رطوبت عسل بیشتر از ۲۰ درصد باشد (مانند عسل هایی که در نقاط شمالی و مرطوب ایران بدست می آید) محیط لازم برای فعالیت میکروارگانیسم ها فراهم شده و اسید لاکتیک حاصل از تخمیر، سبب ترش شدن طعم عسل می شود. در برخی از موارد نیز تخمیر سبب تولید الکل خواهد شد . همچنین غلظت ترکیبات شیمیایی عسل با رطوبت بالا، کمتر از عسل غلیظ خواهد بود (Heil 2011). در حال حاضر مقدار رطوبت در عسل توسط دستگاه رفرکتومتر که اساس آن شکست نور است اندازه گیری می شود. البته وسیله دیگری به نام اسپکتروسکوپ دی الکتریک جهت اندازه گیری رطوبت در عسل نیز استفاده می شود (Yang et al 2018). تحقیقات نشان داده اند که هر چه مقدار رطوبت عسل بیشتر باشد احتمال شکرک زدن آن بیشتر است (Krishnan et al 2021).

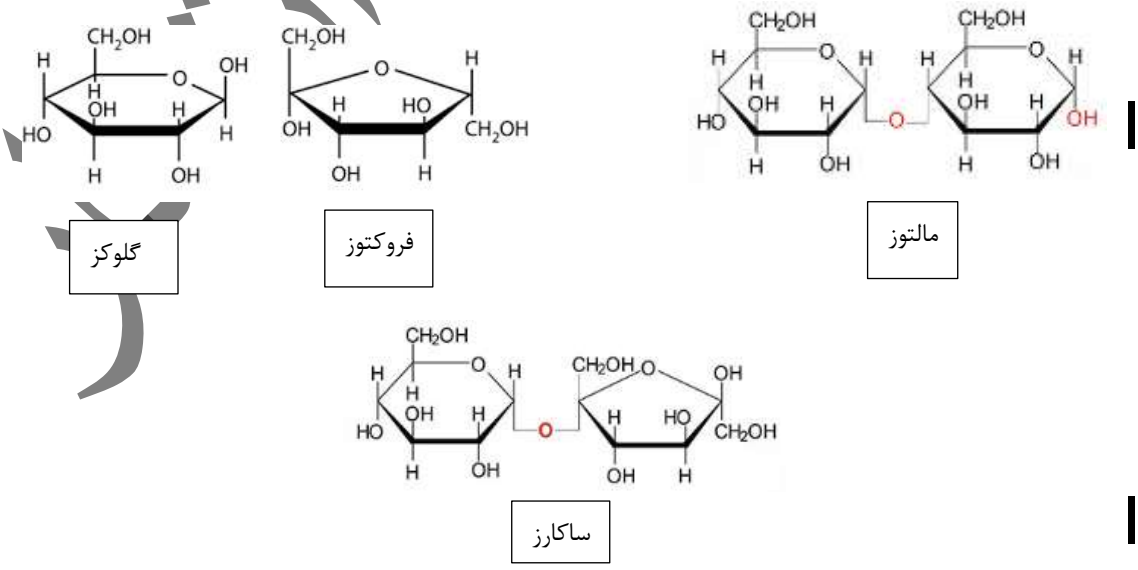
ترکیبات قندی

عسل یک ترکیب فوق اشباع از مواد قندی است و به همین دلیل یک تامین کننده انرژی، شادی بخش، تقویت کننده و نیروبخش به شمار می آید (Bogdanov et al 2008). تقریبا ۸۰ تا ۸۵ درصد عسل از ترکیبات قندی تشکیل شده است که حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد آن را تک قندی ها (منوساکاریدها) شامل گلوکز و فروکتوز، ۵ تا ۱۵ درصد آن را نیز سایر قندها شامل دوقندی ها (دی ساکاریدها) مانند ساکارز، مالتوز و تورانوز و سه قندی ها (تری ساکارید ها) مانند ارلوز، ایزومالتوتریوز و سنتوز و قندهای چندتایی (

نسخه پیش انتشار

الیگوساکاریدها) تشکیل می دهند (Ranneh et al 2021). نوع و مقدار قندها در عسل به نوع شهد و فرآوری عسل توسط زنبور باز می گردد و به مقدار رطوبت عسل نیز بستگی دارد. در اغلب عسل های طبیعی حدود ۳۴ تا ۴۱ درصد تک قندی ها را فروکتوز و حدود ۲۲ تا ۳۶ درصد را گلوکز تشکیل می دهد. نسبت مقدار فروکتوز به گلوکز یک عامل مهم در برآورد طبیعی بودن عسل است. در عموم عسل های طبیعی این نسبت بین ۰/۹۵ تا ۱/۲ می باشد ولی در بیشتر موارد بالای یک می باشد. البته در عسل هایی که طبیعی نیستند و از شهد گل تغذیه نکرده اند این نسبت پایینتر از ۰/۹ است. در استاندارد ملی ایران حداقل این نسبت ۰/۹ ثبت شده است (استاندارد ملی ایران ۹۲). تعیین مقدار فروکتوز به گلوکز از این جهت اهمیت دارد که اگر در تغذیه زنبور از شربت های فروکتوز استفاده شده باشد این نسبت افزایش معنا داری یافته و این نشان دهنده تغذیه غیر طبیعی زنبور خواهد بود. این نسبت همچنین در پیش بینی بلوری شدن و رس بستن عسل نیز استفاده می شود، بطوریکه هرچه این نسبت بیشتر باشد عسل دیرتر رس می بندد (Krishnan et al 2021) .

قندهای عسل به دو نوع احیا کننده و غیر احیا کننده تقسیم می شوند . قندهای گلوکز، فروکتوز و مالتوز احیا کننده و سوکروز غیر احیا کننده می باشند. مقدار قندهای احیا کننده عسل، شاخص مهمی در تعیین میزان تغذیه شهدی زنبور می باشد. طبق استاندارد ملی ایران کمینه این شاخص، ۶۵ گرم درصد است. اندازه گیری مقدار قند های احیاکننده به همراه مقدار ساکارز می تواند شاخص خوبی برای تعیین عسل طبیعی از عسل تغذیه ای (عسل تغذیه ای عسلی است که در تهیه آن زنبور از شهد تغذیه نکرده بلکه از موادی مثل شکر یا شیرین کننده های دیگر استفاده کرده است) باشد (Ranneh et al 2021) (شکل ۱).



شکل ۱- ساختار حلقوی برخی از قندهای عسل، گلوکز و فروکتوز تک قندی های احیا کننده، مالتوز دوقندی احیا کننده و ساکارز دوقندی غیر احیا کننده. (Tafere 2021)

یکی از شاخص های مهم برای تشخیص عسل طبیعی از تغذیه ای، مقدار ساکارز آن می باشد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ساکارز یک دی ساکارید یا دو قندی غیر احیا کننده است که از اتصال یک مولکول گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است. در یک عسل طبیعی مقدار ساکارز معمولا زیر ۵ در صد است ولی در بعضی عسل ها مثل عسل کنار و یونجه این عدد بالاتر از ۵ درصد می باشد (Tafere 2021). در اغلب عسل ها، مقدار ساکارز بیش از ۵ درصد، می تواند نشان دهنده تغذیه غیر شهدی زنبور با شکر یا شیرین کننده های دیگر باشد.

در حال حاضر در بسیاری از آزمایشگاه ها ، مقدار ساکارز عسل با روش فهلینگ (Karki 2018) اندازه گیری می شود. استفاده از HPLC نیز یکی دیگر از روشهای اندازه گیری ساکارز عسل می باشد (Petkova et al 2013). روش فهلینگ که بر پایه تیتراسیون می باشد همواره با خطاهای زیادی همراه بوده و روشی دقیق و تکرار پذیر نیست. در این روش علاوه بر ساکارز بقیه دی ساکارید ها مثل مالتوز نیز تحت تاثیر اسید شکسته شده و در تعیین مقدار ساکارز خطا ایجاد می کنند. روش HPLC نیز نیاز به دستگاه گران قیمت HPLC داشته و مواد شیمیایی که برای انجام آن نیاز است نیز بسیار گران قیمت هستند. در کل روش HPLC یک روش گران و پر هزینه، ولی دقیق می باشد. روش دیگر تعیین درصد ساکارز عسل روش آنزیمی است که با دقت بسیار بالا، بشکل تکرار پذیر و صرف زمان و هزینه کمتر انجام می شود. یکی دیگر از قند های دی ساکارید عسل، مالتوز است که مقدار آن می تواند تا ۷ درصد برسد. مالتوز جزو قند های احیا کننده است (شکل ۱) (Ranneh et al 2021).

اسیدهای آلی عسل

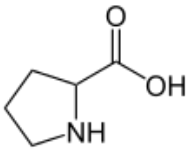
عسل طبیعی دارای انواع اسیدهای آلی از جمله اسیدهای آمینه، اسیدهای فنلی و اسیدهای آلیفاتیک (غیر حلقوی) می باشد. در عسل اگرچه مقدار اسیدهای آلی کم است اما سبب اسیدی شدن عسل می شوند. pH اغلب عسل ها بین۳/۴ تا ۶/۱ بوده و متوسط pH آن حدود ۳/۹ می باشد. اسیدی بودن عسل مانع از رشد میکروارگانیسم ها از جمله باکتری ها، ویروس ها و قارچ ها می شود و به عسل خواص آنتی بیوتیکی می دهد. pH که یکی از مشخصات فیزیکی عسل می باشد، به کمک دستگاه pH متر تعیین می شود. از آنجاییکه عموما عسل ها اسیدی هستند، اگر pH عسل در محدوده قلیایی باشد، می تواند نشانه غیر طبیعی بودن آن باشد(Balos et al 2018) .

اسید های آمینه

نسخه پیش انتشار

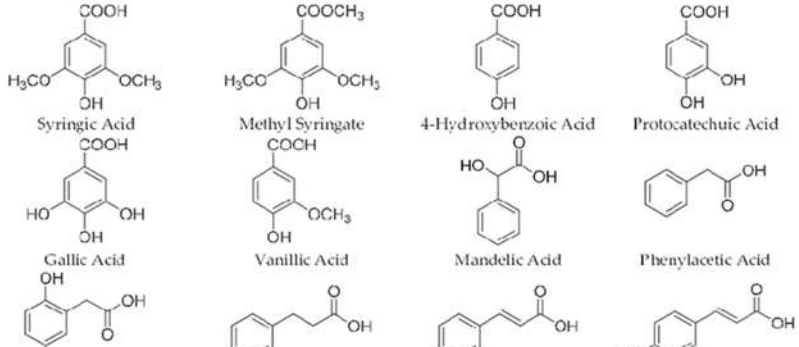
اسیدهای آمینه های آزاد، حدود ۱ درصد از وزن عسل طبیعی را تشکیل می دهند. منشا اسیدهای آمینه آزاد در عسل از شهد گل است. هر ۲۰ نوع اسید آمینه موجود در پروتئین ها به صورت آزاد در عسل حضور دارند ولی مقدار پرولین، آلانین، آرژنین، سرین، گلیسین، ایزولوسین، ترئونین و والین از سایر آمینو اسیدها بیشتر بوده و در بین آنها پرولین (شکل ۲) از بقیه اسید آمینه ها فراوانتر است (Carter et al 2006). اندازه گیری پرولین یکی از مهمترین شاخص های تعیین کننده طبیعی بودن عسل است (Czipa et al 2011) و مشخص کننده آنست که زنبور تا چه حد از شهد گل تغذیه نموده است. گیاهان برای گرده افشانی نیاز به جذب حشرات از جمله زنبور عسل دارند. مشخص شده است که هر چه میزان پرولین در شهد بالاتر باشد، طعم آن برای زنبور دلخواه تر است و زنبور تمایل دارد از شهدی استفاده کند که پرولین آن بالاتر است. به عبارتی دیگر پرولین بالا در شهد، کمک به گرده افشانی بیشتر توسط حشره می کند (Carter et al 2006). مقدار پرولین در عسل با روش نین هیدرین در شرایط اسیدی اندازه گیری می شود. از پرولین خالص نیز به عنوان استاندارد استفاده می شود. طبق استاندارد ملی ایران، کمینه مقدار پرولین در عسل ۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم عسل می باشد (استاندارد ملی عسل ایران ۹۲). هر چه مقدار پرولین بیشتر باشد، نشان دهنده مرغوبیت عسل از لحاظ تغذیه با شهد است. مقدار پرولین در برخی از عسل ها به بیش از ۱۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عسل نیز می رسد که نشان دهنده تغذیه زنبور از مقادیر زیادی شهد گل می باشد.

مقدار پرولین عسل بستگی به شهد گیاهی دارد که زنبور از آن تغذیه کرده است، به عنوان مثال شهد گیاه اقاقیا پرولین کمی دارد در حالیکه شهد گشنیز دارای پرولین بالایی می باشد (Czipa et al 2019). پرولین همچنین می تواند شاخصی برای تازگی عسل باشد به طوریکه گذشت زمان زیادی از تولید عسل، سبب کاهش مقدار پرولین آن خواهد شد (Qamer et al 2013) .



شکل ۲: اسید آمینه پرولین (Carter et al 2006)

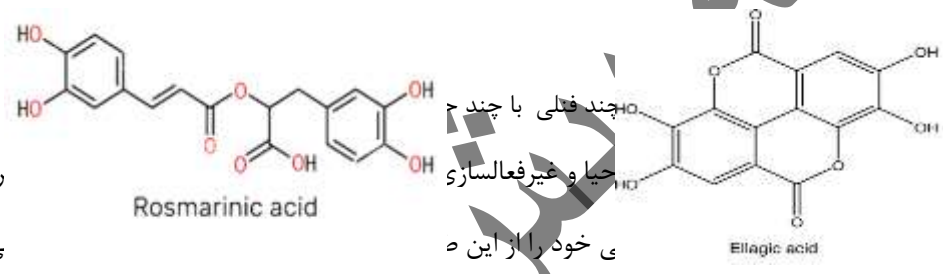
اسیدهای فنلی: اسیدهای فنلی جزء ترکیبات فنلی هستند که دارای گروه کربوکسیل می باشند. اسیدهای فنلی عسل، به دو نوع تک فنلی و چند فنلی می باشند. اسیدهای تک فنلی عموما دارای یک حلقه فنلی بوده که از لحاظ نوع و تعداد استخلافهای روی حلقه با هم متفاوت هستند. برخی از اسیدهای تک فنلی در عسل شامل اسید سینرژیک، اسید وانیلیک، اسید گالیک، اسید ساینامیک، اسید کوماریک، اسید کافئیک، اسید فرولیک و اسید هموژنیستیک می باشند (شکل ۳) (Liu et al 2020).



نسخه پیش انتشار

شکل۳- ساختار مولکولی اسیدهای فنلی با تک حلقه آروماتیک در عسل(Liu et al 2020)

اسیدهای چند فنلی بیش از یک حلقه فنلی دارند. نمونه این اسیدها در عسل عمدتا اسید رزمارینیک و اسید الاژیک می باشد (شکل ۴) (Liu et al 2020).



چند فنلی با چند ح

اسیدهای فنلی آنت حیا و غیرفعالسازی روکسی ،

پروکسی نیتریت و ی خود را از این ه ی موجود در

عسل، اسید گلوکونیک است که در بخش های بعدی به آن پرداخته شده است.

اسیدهای آلی آلیفاتیک (غیر حلقوی): اسیدهای آلیفاتیک عسل شامل اسید استیک، اسید گلوکونیک، اسید سیتریک، اسید بوتانوئیک، اسید سوکسینیک، اسید لاکتیک، اسید مالیک، اسید پیروگلوتامیک و اسید فورمیک می باشد. این اسیدها در ایجاد محیط اسیدی و طعم های متفاوت عسل تاثیر گذار هستند. نقش اسید گلوکونیک در بخش آنزیم گلوکزاکسیداز بیان شده است.

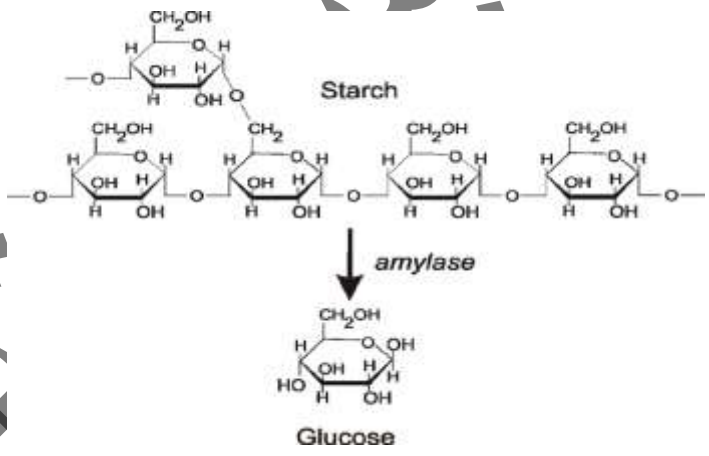
آنزیم های عسل

در عسل طبیعی آنزیمهای مختلفی حضور دارند که منشا آنها از شهد گل، بدن زنبور، ترشحات حشرات مکنده گیاه و یا میکروارگانیسم هایی مانند مخمر می باشد. پس از آنکه شهد گل توسط زنبور عسل مکیده شد، با آنزیم های بزاق زنبور و سپس با آنزیم هایی که از لایه های سلولی کیسه عسلی ترشح می شوند مخلوط شده و تغییراتی در آن رخ می دهد (Vorlová et al 2002). آنزیم های مهمی که در عسل حضور دارند شامل آمیلاز (دیاستاز)، اینورتاز (ساکاراز) و گلوکز اکسیداز می باشند. آنزیم های دیگری مانند کاتالاز، اسید فسفاتاز، آلفا گلوکوزیداز، بتا گلوکوزیداز و پروتئاز نیز در تعدادی از عسل ها گزارش شده است (Rossano et al

نسخه آزمون انتشار

2012). آنزیم ها در عسل، بر کیفیت و خواص درمانی آن تاثیر مستقیم دارند. در ادامه برخی از این آنزیم ها توضیح داده شده اند (Vorlová et al 2002) .

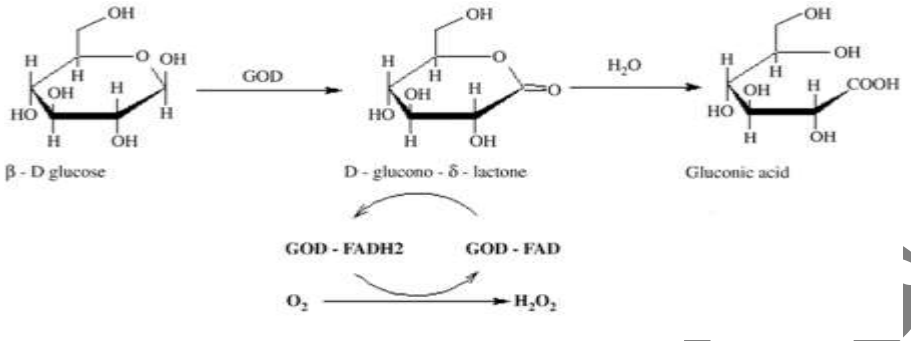
آمیلاز (دیاستاز): عمل این آنزیم شکستن نشاسته و تبدیل آن به واحدهای گلوکز، مالتوز، مالتوتریوز و واحد های شاخه دار الیگوساریدی چند گلوکزی است (شکل ۵). منشا این آنزیم بزاق زنبور می باشد. نقش عملکردی آمیلاز در عسل هنوز به خوبی مشخص نیست (Alaerjani et al 2022)، اما اندازه گیری فعالیت آن در عسل می تواند نشان دهنده سه معیار باشد. اول: از آنجا که حرارت سبب تخریب ساختار آنزیم ها می شود و می تواند فعالیت آنها را تحت تاثیر قرار دهد، اندازه گیری فعالیت آمیلاز می تواند شاخص مهمی در رابطه با میزان حرارت دیدگی عسل باشد (Alaerjani et al 2022). دوم: تعیین فعالیت این آنزیم می تواند معیاری برای تشخیص زمان برداشت عسل باشد و یک رابطه عکس بین این زمان و فعالیت آمیلاز آن دیده می شود. بطوریکه هرچه از زمان تولید عسل بگذرد، فعالیت آمیلاز آن کاهش می یابد. سوم: مشاهده فعالیت این آنزیم در عسل نشان دهنده آنست که عسل توسط زنبور ساخته شده است (Alaerjani et al 2022). برای اندازه گیری فعالیت آنزیم آمیلاز، از روش اندازه گیری مقدار کاهش نشاسته در طول زمان استفاده می شود و از محلول ید به عنوان شاخص رنگ برای سنجش مقدار نشاسته استفاده می شود (Xiao et al 2006).



شکل ۵- تبدیل نشاسته (starch) به واحدهای گلوکز توسط آمیلاز(Alaerjani et al 2022)

گلوکز اکسیداز: منشا این آنزیم در عسل از به طور عمده از غدد هیپو فارنکس زنبور و به مقدار اندک از برخی میکروارگانیسم ها می باشد (Alaerjani et al 2022). در اثر فعالیت این آنزیم، گلوکز در ترکیب با اکسیژن به اسید گلوکونیک و آب اکسیژنه (H_2O_2) تبدیل می شود (شکل ۶) (Wang et al 2022). در این واکنش گلوکونولاکتون یک ترکیب میانی است (Ozyilmaz

2019). راه اصلی تولید آب اکسیژنه در عسل از طریق واکنش گلوکزاکسیداز می باشد اما مقادیر بسیار کمی نیز از راه خوداکسیدشدن پلی فنل ها تولید می شود که یک واکنش غیر آنزیمی است (Alaerjani et al 2022).

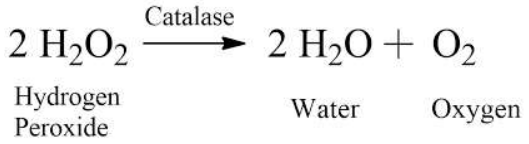


شکل ۶ – واکنش تبدیل گلوکز به اسید گلوکونیک و آب اکسیژنه توسط آنزیم گلوکز اکسیداز (Wang et al 2022)

اسید گلوکونیک سبب اسیدی شدن عسل و کاهش pH آن می شود و H_2O_2 تولید شده نیز به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی قوی عمل می کند (Ozyilmaz 2019) که دلایل گفته شده از عسل به عنوان ماده ضد عفونی کننده و ترمیم کننده زخم استفاده می شود. برای این منظور عسل را به صورت یک لایه نازک بر روی زخم می گذارند تا با جذب آب از میکروارگانیسم ها و ایجاد محیط اسیدی سبب ترمیم زخم شود. عسل قادر است هم زخمهای سطحی و پوستی و هم زخمهای درونی بدن مانند زخم های گوارشی را کاملا ترمیم نماید(Xiao et al 2006، Brudzynski et al 2011). برای اندازه گیری فعالیت آنزیم گلوکز اکسیداز، از واکنش جفت شده آن با آنزیم پراکسیداز و یک الکترون دهنده مثل تترا متیل بنزیدین (TMB) استفاده می شود و گلوکز به عنوان سوبسترای آنزیم به کار می رود (Brudzynski et al 2011).

کاتالاز: آنزیمی است که در ساختار آن آهن نیز حضور دارد. شهد گل و میکروارگانیسم های موجود در عسل، منابع اصلی کاتالاز آن هستند . فعالیت این آنزیم در عسل بر اساس منبع گیاهی شهد و شرایط نگهداری عسل متفاوت است. این آنزیم سبب تجزیه هیدروژن پراکسید (H_2O_2) به آب و اکسیژن می شود (شکل۷). از آنجاییکه آب اکسیژنه در از بین بردن باکتری ها توسط عسل تاثیر مهمی دارد، در اثر فعالیت کاتالاز، مقدار H_2O_2 در عسل کاهش می یابد، که در نتیجه از فعالیت ضد میکروبی و ترمیم زخم آن کم می شود. بنابراین هر چه فعالیت گلوکز اکسیدازی عسل بیشتر و فعالیت کاتالازی آن کمتر باشد، ضد عفونی کننده و ترمیم کننده بهتری خواهد بود. برای اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از تعقیب تجزیه آب اکسیژنه به عنوان سوبسترا استفاده می شود به طوریکه کاهش آب اکسیژنه در طول زمان، در طول موج ۲۴۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر اندازه گیری می شود (Alshareef et al 2022).

نسخه پیش انتشار

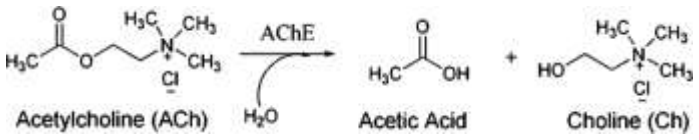


شکل ۷ - واکنش تبدیل آب اکسیژنه (H_2O_2) به آب و اکسیژن توسط کاتالاز (Alshareef et al 2022)

استیل کولین استراز

آلزایمر یک بیماری پیش رونده سیستم عصبی است. یکی از عوامل مهم ابتلا به این بیماری تا خوردن (folding) غیر صحیح پروتئینی به نام بتا آمیلوئید است که سبب متصل شدن و انباشت آنها روی یکدیگر شده و به شکل پلاک ها یی (تکه ها) در فضای بین سلولی رسوب می کنند که به پلاک آمیلوئیدی معروفند. این تجمع و رسوب به خصوص در ناحیه کورتکس و هیپو کامپ مغز سبب ایجاد التهاب و واکنش سیستم ایمنی در فضای بین سلولی شده و باعث آسیب به سلولهای عصبی (نرون ها) می شود. در این نرون ها که با نام کولینرژیک معروف هستند، توان تولید استیل کولین (یک ناقل عصبی) کاهش یافته و انتقال پیام عصبی در ناحیه سیناپس با اشکال روبرو می شود (Baranowska – Wojcik et al 2020).

آنزیم استیل کولین استراز (AChE) که در ناحیه سیناپس قرار دارد وظیفه شکستن استیل کولین را بر عهده دارد به طوریکه مولکول های استیل کولین که پیام خود را به سلول هدف رسانده اند مورد تجزیه این آنزیم قرار می گیرند (شکل ۸) (Tõugu 2001). عاملی که سبب مهار آنزیم استیل کولین استراز شود، می تواند باعث ماندگاری بیشتر استیل کولین در ناحیه سیناپس شود. بقای استیل کولین در افرادی که با مشکل پلاکهای آمیلوئیدی روبرو هستند، می تواند دارای اهمیت باشد. بنابراین ترکیباتی که مهار کننده استیل کولین استراز باشند در بهبود بیماری آلزایمر موثرند. اگر عسل طبیعی دارای خاصیت مهار کنندگی استیل کولین استرازی باشد در بهبود بیماری موثر است (Gholami et al 2023). همچنین عسل طبیعی دارای ترکیبات فنلی است که ضد التهاب هستند و از پیشرفت التهاب در محل های پلاک های آمیلوئیدی می کاهند و از تخریب پیش رونده سلول های عصبی جلوگیری می کنند). در تحقیق دیگری نیز عسل به عنوان یک دارو در کنترل بیماری آلزایمر مطرح شده است (Shaikh 2023)



شکل ۸- واکنش تبدیل استیل کولین به استیک اسید و کولین توسط استیل کولین استراز (AChE) (Tõugu 2001)

نسخه پیش انتشار

پروتئاز: پروتئاز ها آنزیمهایی هستند که پروتئینها را به پپتید های کوچکتر و آمینواسیدها تبدیل می کنند. پروتئازهای عسل عمدتا از نوع سرین پروتئاز های تریپسین، کیموتریپسین و الاستاز می باشند (Ausevic et al 2017, Rossano et al 2012) . پپتیدهای کوچک حاصل از عمل این آنزیم ها دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد سرطانی می باشند (2022 Alerjani et al). اندازه گیری فعالیت پروتئازی عسل اهمیت زیادی در تعیین کیفیت عسل ندارد و به ندرت مورد سنجش قرار می گیرد.

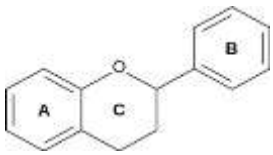
ترکیبات فنلی

ترکیبات فنلی ترکیباتی هستند که در ساختار خود دارای حداقل یک حلقه فنلی هستند. حلقه های فنلی، الکترون و هیدروژن دهنده می باشند، بعبارتی دیگر احیا کننده و آنتی اکسیدان هستند، در نتیجه این ترکیبات به عسل خواص آنتی اکسیدانی و ضد التهابی می دهند (Lawag et al 2022, Becerril-Sánchezet et al 2021). ترکیبات فنلی عسل، شامل تک فنلی ها و چند فنلی ها می باشند.

تک فنلی ها: این ترکیبات شامل اسیدهای تک فنلی و فنل های ساده می باشند. عمده این ترکیبات در عسل از نوع اسیدی می باشند که در بخش اسیدهای آلی بیان شده اند.

پلی فنل ها: عمده پلی فنل ها ی عسل از نوع اسیدهای چند فنلی و فلاوونوئید ها هستند (Qadir 2020). اسیدهای چند فنلی در بخش اسیدهای آلی بیان شده اند.

فلاوونوئیدها: فلاوونوئیدها دارای یک ساختار پایه سه حلقه ای بنام فلاوان (Flavane) می باشند که شامل حلقه های A , B و C می باشد. حلقه های A و B فنیل و حلقه C از نوع ناجور حلقه اکسان می باشد که گروه های OH و پیوند دوگانه اکسیژن در تعداد متفاوت بر روی حلقه ها قرار گرفته و سبب ایجاد تنوع در فلاوونوئیدها می شوند (Cianciosi et al 2018) (شکل ۹).

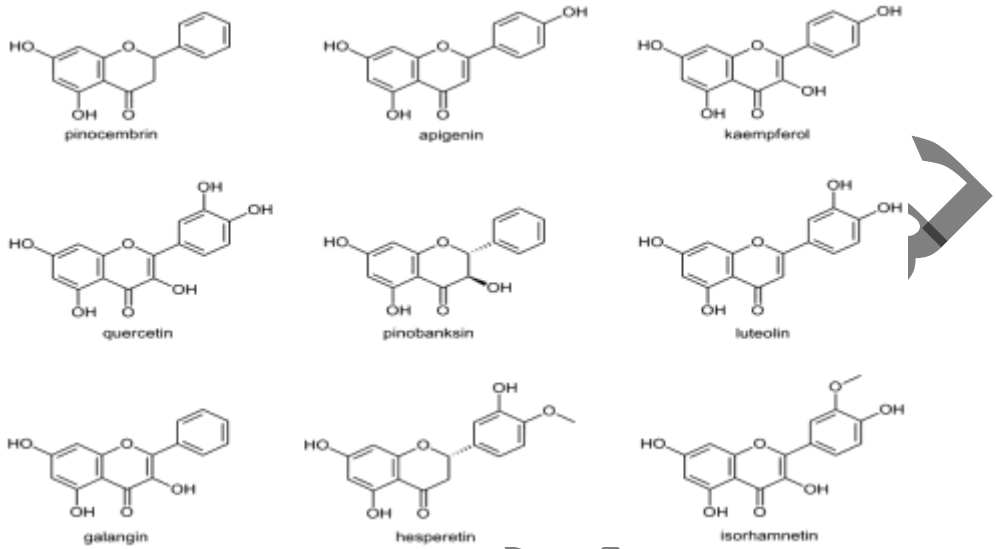


شکل ۹ : ساختار پایه فلاونویید ها (حلقه فلاوان)(Cianciosi et al 2018)

فلاوونوئیدهای عسل شامل فلاوون ها (Flavones) مانند لوتئولین، اپی ژنین، کریسین، جنکولین و تری سین، فلاوانون ها (Flavanones) مانند هسپریدین، نارنجنین، و پینوسمبرین، فلاونول ها (Flavonols) مانند کوئرستین ، میریستین ،کامپفرول ،

نسخه پیش انتشار

ایزورامنتین، گالانژین و روتین، ایزوفلاون ها (Isoflavones) مانند ژنیتسئین و دیادزئین، آنتوسیانین ها (Anthocyanins) مانند سینیدین و فلاوانول ها (Flavanols) مانند کاتچین و فلاوانونول ها (Flavanonols) مانند پینوبانکسین می باشند (Panche 2016)(شکل ۱۰).



شکل ۱۰- ساختار مولکولی برخی از فلاونوئیدهای عسل. این ترکیبات دارای حلقه های A،B وC فلاوان می باشند و تفات آنها در استخلاف های روی حلقه ها می باشد(Panche 2016)

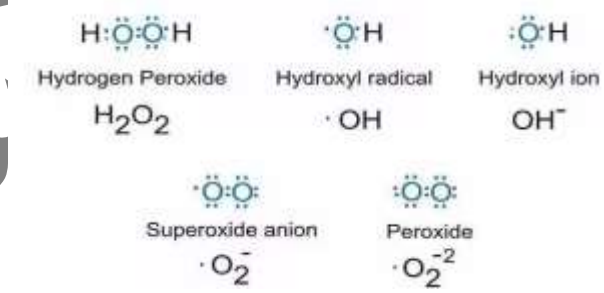
ترکیبات فنلی بدلیل داشتن گروههای OH و انتقال الکترون و هیدروژن به گونه های فعال از نوع رادیکالی ، قدرت احیا کنندگی بالایی دارند(Ciulu *et al.*, 2016).این ترکیبات سبب احیا و خنثی سازی انواع رادیکال های آزاد مخرب در بدن انسان می شوند و آنتی اکسیدان های بسیار موثری هستند) . عسل نیز بدلیل داشتن انواع مختلفی از ترکیبات فوق سبب پیشگیری و درمان تمام بیماریهای التهابی مزمن می شود (Suri *et al.*, 2020). برای اندازه گیری مقدار ترکیبات فنلی تام در عسل از روش فولن-سیوکالتیو استفاده می شود و معمولا از گالیک اسید به عنوان ترکیب فنلی استاندارد استفاده می شود (Cianciosi *et al.*, 2018) . در ادامه به منظور درک بهتر چگونگی خواص آنتی اکسیدانی و ضد التهابی عسل رادیکال های آزاد توضیح داده می شوند.

رادیکال های آزاد

رادیکالهای آزاد نوعی از گونه های فعال هستند که دارای الکترون های جفت نشده بوده و بشدت الکترون خواه (الکترونگاتیو) هستند و با گرفتن الکترون از ترکیبات دیگر، سبب اکسید شدن و تبدیل آنها به رادیکال می شوند.این ترکیبات دوباره سبب اکسیداسیون ترکیبات دیگر می شوند و به این ترتیب اغلب ماکرومولکولهای موجود در سلول مانند لیپید ها، اسیدهای نوکلئیک و پروتئینها اکسید شده که سبب تغییر ساختار و سپس فعالیت طبیعی آنها خواهند شد. این تغییرات سبب آسیب به سلول و در نهایت نکروز بافت می شود. تاثیرات فوق با نام استرس اکسیداتیو در بافت مطرح است (Chaudhary *et al.*, 2023). رادیکال های

آزاد به دو نوع اکسیژن دار و نیتروژن دار می باشد. از میان رادیکال های آزاد اکسیژن دار می توان به آنیون سوپر اکسید،رادیکال هیدروکسیل و پروکسید اشاره نمود (شکل۱۱) که در موضوع آسیب های سلولی بیشتر از رادیکال های نیتروژن دار مطرح هستند. لازم به یادآوری است در سلول ها بطور طبیعی، همواره مقداری رادیکال آزاد تولید می شود که اهمیت فیزیولوژیک دارند و برای روند سلامت سلول ضروری می باشند. به عنوان مثال مقداری مشخصی از رادیکال های آزاد از سلول های بیگانه خوار سیستم ایمنی مانند ماکروفاژها و نوتروفیل ها تولید می شوندکه سبب نابودی میکروب ها می شود. اگر به هر دلیلی مقدار رادیکال های آزاد در یک سلول بیش از اندازه فیزیولوژیک، بالا برود، سیستم های آنتی اکسیدان داخل سلول مانند ویتامین های C، E ،گلوتاتیون، ملاتونین و همچنین برخی از آنزیم ها مانند کاتالاز، پراکسیداز ها و سوپراکسید دیسموتاز سبب غیر فعال شدن رادیکال های آزاد درون سلول می شوند (Irato and Santovito 2021, Lobo et al 2010, Chaudhary et al 2023). در صورتیکه مقدار استرس وارد شده به سلول بیش از ظرفیت آنتی اکسیدانی آن باشد سلول در شرایط استرس اکسیداتیو قرار می گیرد که نشانگر اکسیداسیون گسترده بیومولکول های سلول، ایجاد التهاب مزمن در بافت و اندام و بروز انواع بیماریها می شود(Lobo et al 2010) سایر گونه های فعال، غیر رادیکالی بوده ولی می توانند بشدت اکسید کننده و مخرب باشند مانند آب اکسیژنه.

عسل طبیعی بدلیل داشتن انواع ترکیبات فنلی که خنثی کننده رادیکال های آزاد هستند سبب پیشگیری از ایجاد استرس اکسیداتیو در سلول می شوند و بدن را در برابر ابتلا به انواع صدمات استرس اکسیداتیو حفظ می کند (Hossen et al 2017) . هر چه عسل طبیعی تر و زنبور از شهد گل، بیشتر تغذیه کرده باشد، مقدار کل ترکیبات فنلی (Total phenolic compounds) آن بیشتر خواهد بود. در عسل مقدار فنل تام، به صورت درصد و یا در واحد کیلو گرم عسل بیان می شود و هر چه میزان ترکیبات فنلی تام در عسل بیشتر باشد، خوا



شکل ۱۱- ساختار مولکولی تعدادی از گونه های فعال اکسیژن. هیدروژن پروکسید و یون هیدروکسیل گونه فعال غیر رادیکالی و سه گونه دیگر رادیکال هستند (Chaudhary *et al.*, 2023).

رنگدانه (پیگمان) های عسل

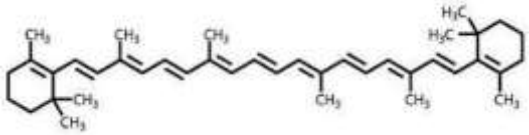
نسخه پیش انتشار

عمده رنگدانه های موجود در عسل از نوع فلاوونوئید ها، کاروتنوئیدها و آنتوسیانین ها می باشند که طیف انواع رنگهای تیره و روشن را در عسل ایجاد می کنند. رنگدانه های دیگر عسل گزانتوفیل و کلروفیل بوده که این ترکیبات در مقادیر کمتر در عسل وجود دارند، همچنین آمینواسیدها، قندها، عناصر معدنی و اسید های آلی نیز بر رنگ عسل تاثیر دارند(Ranneh et al 2021) .

مقدار ترکیبات فنلی بعنوان رنگدانه غالب در عسل به روش فولن اندازه گیری می شود (Schaper 2023).

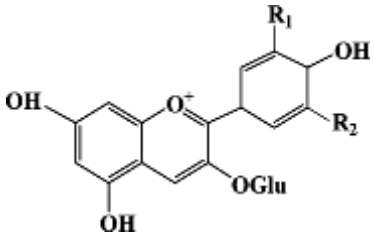
کاروتنوئیدها نوعی ماده آلی هیدروکربنی محلول در چربی هستند که نقش های متنوعی در گیاهان دارند. این ترکیبات ناقل نور در گیاهان فتوسنتز کننده و پیش ساز هورمون های گیاهی بوده و بافتهای گیاه را از صدمات گونه های فعال اکسیژن در امان نگاه می دارند. بتا کاروتن، کاروتنوئید اصلی عسل می باشد (شکل ۱۲). یکی از نقش های مهم این رنگدانه اینست که قادر به احیاء گونه های فعال اکسیژن مانند اکسیژن singlet و رادیکال های پروکسیل می باشد و بهمین دلیل یک آنتی اکسیدان بسیار قوی بشمار می رود و به دلیل این خاصیت، سبب افزایش ظرفیت ضد سرطانی ، ضد التهابی ، ضد باکتری، ضد دیابتی عسل می شود و همچنین از طریق تنظیم فعالیت سیستم ایمنی، بدن را از ابتلا به انواع بیماریهای مزمن حفظ می کند.

از سویی دیگر بتا کاروتن مصرف شده از منابع گیاهی مانند انواع میوه و سبزیجات و عسل در روده کوچک انسان تبدیل به ویتامین آ می شود که در عمل بینایی موثر است. کاروتنوئید ها عموما سبب تولید طیف رنگهای زرد، نارنجی و قرمز در عسل می شوند.



شکل ۱۲- ساختار بتا کاروتن(Ranneh *et al*., 2021)

رنگدانه های آنتوسیانین:آنتوسیانین ها از ترکیبات فنلی هستند که جزء رنگدانه ها بوده و آنتی اکسیدان های قوی می باشند. آنتوسیانین ها در عسل های طبیعی در انواع و درصد های متفاوت وجود دارند (شکل ۱۳)، این ترکیبات رنگی بسته بهpH ، رنگهای متفاوت دارند، بطوریکه در محیط اسیدی عسل، قرمز رنگ هستند. مقدار رنگ قرمز عسل به نوع و مقدار این ترکیبات نیز بستگی دارد، بعنوان مثال عسل کنار یا سدر مقادیر خوبی آنتوسیانین دارد.



شکل ۱۳ – ساختار مولکولی آنتوسیانین(Ranneh *et al*., 2021)

تحقیقات گسترده علمی نیز ثابت کرده اند هرچه میزان رنگدانه های عسل بیشتر باشد یعنی عسل تیره تر باشد دارای خواص درمانی بیشتری خواهد بود، زیرا عسل های تیره تر رنگدانه های با خواص آنتی اکسیدانی بیشتری دارند (Abdulaziz et al 2016, Becerril-Sánchez et al 2021, Cianciosi et al 2018).

ویتامین های عسل

عسل طبیعی دارای انواع ویتامین های گروه B Complex (B1, B2,B3, B5,B6,B9, B12)، ویتامین های C، E ، K و D و A می باشد که به طور عمده از گرده گل ها وارد عسل می شوند و بسته به منشا گیاه، مقدار این ویتامین ها در عسل متفاوت است (Kitzes et al 1943, Rahmanian 1970). در میان ویتامین های محلول در آب، در عسل مقدار ویتامین C از ویتامین های دیگر بیشتر است (Ajibola 2012). مقدار ویتامین های عسل عمدتا به روش HPLC اندازه گیری می شود (Rosane Nora Castro 2001). ساختار ویتامین ها به گرما و نورحساس می باشند بنابراین بایستی از حرارت دادن عسل خودداری کرد و همچنین بهتر است عسل را در معرض نور مستقیم نیز قرار نداد (Sawicki et al 2022).

املاح معدنی

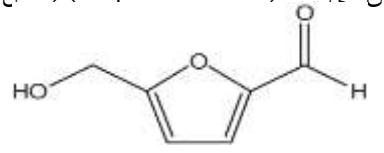
تا به امروز ۵۴ عنصر شیمیایی در عسل های مختلف شناسایی شده اند که به عناصر با مقادیر بیشتر و یا کمتر تقسیم می شوند. عناصر با مقادیر بیشتر شامل سدیم (Na)، پتاسیم(K)، کلسیم(Ca)، فسفر(P) ،گوگرد(S) و کلر (Cl) و عناصر با مقادیر کمتر مانند آهن (Fe)، ید (I)، فلوئور(F)، روی(Zn)، سلنیوم(Se) ، مس(Cu)، منگنز(Mn) ، کروم (Cr)، مولیبدن (Mo) ،کبالت (Co)، نیکل(Ni) و منیزیوم(Mg) که در بین آنها آهن و منیزیوم کمترین و پتاسیم بیشترین مقدار را دارند می باشند.

(Alvarez-Suarez et al 2014, Solayman et al 2016). همچنین عسل های تیره رنگ نسبت به عسل های روشن املاح بیشتری دارند. اگر چه غلظت کل املاح معدنی در عسل بسیار کم است اما همین مقدار کم بسیار با ارزش می باشد زیرا بسیاری از آنزیم ها و پروتئین های بدن انسان برای فعال بودن به این املاح نیاز دارند (Tafere 2021).

سایر ترکیبات آلی

هیدروکسی متیل فورفورال (HMF)

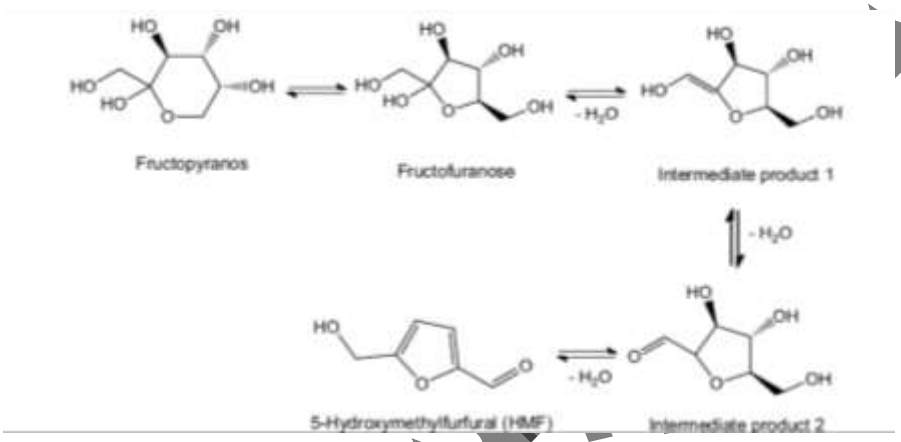
هیدروکسی متیل فورفورال یک ترکیب حلقوی (شکل ۱۴) می باشد که در اثر حرارت دادن به عسل بوجود می آید. حرارت سبب آبگیری از قند های شش کربنه گلوکز و فروکتوز آن در محیط اسیدی می شود (شکل ۱۵). در عسل تازه معمولا HMF وجود ندارد ولی مقدار آن با گذشت زمان افزایش می یابد (Shapla et al 2018) (شکل ۱۴).



نسخه پیش انتشار

شکل ۱۴ - ساختار هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) (Shapla *et al*., 2018)

عسل را نباید بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد حرارت داد زیرا عسل هر چه بیشتر حرارت ببیند، نه تنها مقدار HMF در آن بالا می رود بلکه ترکیباتی از آن که به حرارت حساس هستند، مانند آنزیم ها و برخی ترکیبات آلی آن، نیز ساختار و عملکرد طبیعی خود را از دست داده و خواص دارویی عسل کاهش خواهد یافت. بهترین عسل دارویی، نوع حرارت ندیده آن می باشد.



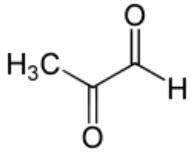
شکل ۱۵- چگونگی تبدیل قند فروکتوز (اینجا به شکل فروکتوپیرانوز) به هیدروکسی متیل فورفورال (Shapla *et al*., 2018)

HMF ترکیبی سمی برای زنبور و انسان است. این ترکیب در انسان سبب آسیب به کبد، کلیه، القای سرطان و التهاب در دستگاه تنفسی و چشم ها می شود و در کل یک ترکیب سیتوتوکسیک (کشنده سلول ها)، ژنوتوکسیک (آسیب زننده به ماده ژنتیکی) و تومورژنیک (تولید کننده تومور) است (Shapla et al 2018 و Morales and Francisco 2008). این تاثیرات بدلیل آنست که HMFسبب کاهش توانایی آنتی اکسیدانی و خنثی سازی رادیکال های آزاد در سلول ها شده و باعث ایجاد التهاب مزمن در بافتها می شود. التهاب مزمن ایجاد شده زمینه ساز مرگ سلولی و آسیب بافتی (نکروز) و در نتیجه انواع بیماریها مانند سرطان ، بیماریهای قلبی و عروقی می شود (Suri and Chhabra 2020 ، Farag et al 2020). مقدار HMF در عسل، بایستی از ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم عسل کمتر باشد. البته این مقدار در مناطق گرمسیر حدود ۸۰ میلی گرم در کیلو گرم عسل است (استاندارد ملی ایران ۹۲). هر چه مقدارHMF در عسل کمتر باشد، نشان دهنده آنست که عسل هم تازه تر است و هم کمتر حرارت دیده است.

یکی دیگر از راههای تولید HMF، واکنش های میلارد است(Liu et al 2020 و Suri and Chhabra 2020). در واکنش میلارد که در دمای بالای ۱۲۰ درجه انجام می شود گروه آمین اسید آمینه های آزاد یا پروتئین ها با قند های شش کربنه ترکیب شده و پس از چند مرحله واکنش، HMF تولید می شود. البته مشخص شده است در درجه حرارت اتاق، واکنش میلارد بمقدار بسیار کمی در عسل رخ می دهد و راه اصلی تولید HMF در عسل، آبگیری قندهای شش کربنه می باشد (Shapla et al 2018). مشخص شده است با افزایش هر ۱۰ درجه حرارت ، سرعت تشکیل HMF در عسل ۵ برابر می شود (Liu et al 2020). به همین دلیل سفارش می شود عسل گرم نشود و در مایعات گرم و داغ نیز حل نشود. برای اندازه گیری مقدار HMF در عسل، از روش بی سولفیت سدیم استفاده می شود (Zappala et al 2005).

متیل گلی اکسال(MGO)

MGO ترکیبی است آلدهیدی (شکل ۱۶) و مشتق از اسید پیرووِیک است که بطور عمده در عسل درخت چای یا مانوکا وجود دارد. درخت مانوکا بومی نیوزیلند و جنوب شرقی استرالیا می باشد (Alvarez-Suarez et al 2014). این ترکیب یک آنتی بیوتیک طبیعی است. در عسل مانوکا فعالیت آنزیم گلوکزاکسیداز بسیار ناچیز بوده بنابراین مقدار آب اکسیژنه آن بسیار اندک است، در حالیکه قدرت ضد باکتریایی این عسل چندین برابر عسل های طبیعی دیگر است (Terio et al 2021) . این خاصیت بدلیل وجود ترکیب MGO در این عسل است، بطوریکه عسل مانوکا قادر به از بین بردن طیف وسیعی از باکتریهای حساس و مقاوم به آنتی بیوتیک می باشد. مقدار MGO در عسل های مانوکا عمدتا بین ۱۵۰ تا ۱۷۱۷ میلی گرم در کیلوگرم عسل بیان می شود. هر چه مقدار MGO بیشتر باشد قدرت آنتی بیوتیکی عسل بالاتر است. عسل مانوکا بسیار گران قیمت بوده و در تهیه محصولات دارویی، آرایشی و مراقبت از پوست، نوسازی بافت، ترمیم کننده زخم و ضد عفونی کننده کاربرد فراوانی دارد (Girma and Seo 2019) . برای اندازه گیری مقدار MGO بایستی از دستگاه HPLC استفاده نمود.



شکل ۱۶ – فرمول متیل گلی اکسال (Alvarez-Suarez *et al.*, 2014)

نتیجه گیری

نسخه پیش انتشار

عسل طبیعی عمدتا دارای ترکیبات شیمیایی شامل آب، انواع قندها، انواع ویتامین ها و املاح معدنی، اسیدهای آمینه و آنزیم ها، رنگدانه ها، ترکیبات فنلی و ترکیبات ضد میکروبی می باشد که بسیار مغذی و انرژی بخش بوده و بدلیل خواص آنتی اکسیدانی و ضد التهابی بالا قادر به پیشگیری از ابتلا به انواع بیماریهای روان- تنی و درمان آنها می باشد. این ماده غذایی طبیعی می تواند جایگزین بسیار موثری برای انواع داروها باشد.

منابع **References**

۱- سازمان ملی استاندارد ایران ۹۲ – عسل : ویژگی ها و روش های آزمون فروردین ۱۳۹۲.

2- Abdulaziz, S. Alqarni, A. Ayman, A. Owayss, A. Awad, A. Mahmoud, B. 2016 Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arabian J. of Chemistry* 9, 114-120.

3- Ajibola A. Abdulwahid, Joseph P C., Kennedy H E. 2012 Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism,* 9:61. http://www.nutritionandmetabolism.com/content/9/1/61.

4-Alaerjani, W.M.A. Abu-Melha, S. Alshareef, R.M.H. Al-Farhan, B.S. Ghramh, H.A. Al-Shehri, B.M.A. Bajaber, M.A. Khan, K.A. Alrooqi, M.M. Modawe, G.A. Mohammed, M.E.A.. 2022 Biochemical reactions and their biological contributions in honey. *Molecules 27*,4719. https://doi.org/10.3390/molecules27154719.

5-Almasaudi,S.2021 The antibacterial activities of honey, 2021 *Saudi Journal of Biological Sciences,*V. 28, Issue 4, Pages 2188-2196, ISSN 1319-562X, https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.017.

6- Alshareef, R.M.H. Al-Farhan, B.S. Mohammed, M.E.A. 2022 Glucose Oxidase and Catalase Activities in Honey Samples from the Southwestern Region of Saudi Arabia. *Appilied. Science*. 12, 7584. https://doi.org/10.3390/app12157584.

7- Alvarez-Suarez, J.M. Gasparrini, M. Forbes-Hernández, T.Y. Mazzoni, L. Giampieri, F. 2014 The composition and biological activity of honey: A focus on Manuka honey. *Foods* 3, 420-432. https://doi.org/10.3390/foods3030420.

8- Auševi´c, B. Haurdic, B. Jaši´c, M. Baši´c, M. 2017 Enzymatic activities in honey. In Proceedings of the Second Conference of Bee Keeping and Bee Products- with International Participation- Bee Keeping and Bee Products. *Grada˘cac, Bosnia and Herzegovina* 20 , 90–97.

9- Baloš, M.Z. Popov. N. Vidaković, S. Ljubojević Pelić, D. Pelić, M. Mihaljev, Z. Jakšić, S. 2018 Electrical Conductivity and Acidity of Honey. *Archiv veterinarske medicine* 11, 91– 101.

10- Baranowska-Wójcik, E. Szwajgier, D. Winiarska-Mieczan, A. 2020 Honey as the Potential Natural Source of Cholinesterase Inhibitors in Alzheimer's disease. *Plant Foods for Human Nutrition.* 75, 30–32 https://doi.org/10.1007/s11130-019-00791-1.

11- Becerril-Sánchez, A.L. Quintero-Salazar, B. Dublán-García, O. Escalona-Buendía, H.B. 2021 Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant Activity, Botanical origin, and color. *Antioxidants* 10, 1700. https://doi.org/10.3390/antiox10111700.

12- Bogdanov, S. Jurendic, T. Sieber, R. Gallmann, P. 2008 Honey for nutrition and health: A Review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27, 677-689, doi: 10.1080/07315724.10719745.

13- Brudzynski, K. Abubaker, K. Laurent, M. Castle, A. 2011 Re-Examining the role of hydrogen peroxide in bacteriostatic and bactericidal activities of honey. *Frontiers in microbiology*. 2, 213.

14- Carter, C. Shafir, S. Yehonatan, L. Palmer, G. Thornburg ,R. 2006 A novel role for proline in plant floral nectars. *Naturwissenschaften* 93: 72–79 DOI .1007/s00114-005-0062-1.

15- Chaudhary, P. Janmeda, P. Docea, A.O. Yeskaliyeva, B. Abdull Razis, A.F. Modu, B. Calina, D. Harifi-Rad, J. 2023 Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. *Frontiers in Chemistry*. 11:1158198. doi:10.3389/fchem.2023.1158198.

16- Cianciosi, D. Forbes-Hernández, T.Y. Afrin, S. Gasparrini, M. Reboredo-Rodriguez, P. Manna, P.P. Zhang, J. Bravo Lamas, L. Martínez Flórez, S. Agudo Toyos, P. Quiles, J.L, Giampieri, F. Battino, M., 2018 Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A Review. *Molecules* 11; 23(9):2322. doi: 10.3390/molecules23092322.

17- Ciulu, M. Spano, N. Pilo, M.I. Sanna, G. 2016 Recent advances in the analysis of phenolic compounds in unifloral honeys. *Molecules* 8; 21(4): 451. doi: 10.3390/molecules21040451.

18- Czipa, N. BorBély, M. Győri, Z. 2011 Proline content of different honey types. *Acta Alimentaria*, 41, 26–32 doi: 10.1556/AAlim.

19- Eteraf-Oskouei, T. Najafi, M. 2013 Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 16,731-42.

20- Farag, M.R. Alagawany, M. Bin-Jumah, M. Othman, S.I. Khafaga, A.F. Shaheen, H.M. Samak, D. Shehata, A.M. Allam, A.A. Abd El-Hack, M.E. 2020 The Toxicological Aspects of the Heat-Borne Toxicant 5-Hydroxymethylfurfural in Animals: A Review. *Molecules* 25, 1941. https://doi.org/10.3390/molecules25081941.

21- Gholami, A., Minai-Tehrani, D. & Eriksson, L.A. 2023 In silico and in vitro studies confirm Ondansetron as a novel acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitor. *Sci Rep* 13, 643 https://doi.org/10.1038/s41598-022-27149-z.

22- Girma, A. Seo, W. She, R.C. 2019 Antibacterial activity of varying UMF-graded Manuka honeys. *PLoS ONE* 14(10): e0224495.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224495.

23- Heil, M. 2011 Nectar: generation, regulation and ecological functions. *Trends in Plant Science*. 16, 191-200. doi: 10.1016/j.tplants.2011.01.003. Epub 2011 Feb 21. PMID: 21345715.

24 Hossen, M.S. Ali, M.Y. Jahurul,M.H.A. Abdel-Daim, M.M. Gan, S.H. Khalil , M.I. 2017 Beneficial roles of honey polyphenols against some human degenerative diseases: A review. *Pharmacological Reports* 69, 6, 1194-1205, ISSN 1734-1140,https://doi.org/10.1016/j.pharep.2017.07.002.

25- Irato, P. Santovito, G. 2021 Enzymatic and Non-Enzymatic Molecules with Antioxidant Function. *Antioxidants* 10, 579. https://doi.org/10.3390/antiox10040579.

26- Karki, G. 2018 Fehling test: Objective, Principles, Reagents, Procedure and Result. Apr 27 Online Biology Notes.

27- Kitzes, G. Shuette, H.A. Elvehjem, C.A. 1943 The B Vitamins in Honey *The Journal of Nutrition* 26, 3, 241-250.

28- Krishnan, R. Thasniya, M. Arunima, S.H. 2021 Honey crystallization: Mechanism, evaluation and application. *The Pharma Innovation Journal* 10, 5, May 222-231. doi:10.22271/TPI.2021.V10.I5SD.6213Corpus ID: 236200868.

29- Lawag, I.L. Lim, L.-Y. Joshi, R. Hammer, K.A. Locher, C. 2022 A Comprehensive Survey of Phenolic Constituents Reported in Monofloral Honeys around the Globe. *Foods* 11, 1152. https://doi.org/10.3390/foods11081152.

30- Liu, X. Bing Xiam B. Hu, L.T. Ni, Z.J. Thakur, K. Wei, Z.J. 2020 Maillard conjugates and their potential in food and nutritional industries: A review. *Food Frontiers* 23, 382–397. doi: 10.1002/fft2.43.

31- Lobo, V. Patil, A. Phatak, A. Chandra, N. 2010 Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews.* 4(8):118-26. doi: 10.4103/0973-7847.70902. PMID: 22228951; PMCID: PMC3249911.

32- Morales, Francisco J. 2008 Hydroxymethylfurfural (HMF) and related compounds. *Process-induced food toxicants: Occurrence, formation, mitigation and health risks* 135-174.

33- Panche AN, Diwan AD, Chandra SR. 2016 Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*. 5:e47. doi:10.1017/jns.2016.41.

34- Petkova, N.T. Brabant, P.A. Annick, M. Denev, P. 2013 HPLC Analysis of mono and disaccharides in food products *Conference Food science, Engineering and Technology* 18, 19 761- 765.

35- Ozyilmaz, G. 2019 Glucose Oxidase Applications and Comparison of the Activity Assays. *Natural and Engineering Sciences* 4(3): 253-267.

36- Qadir, J. 2020 Heath Benefits of Phenolic Compounds in Honey: An Essay *In book*: Therapeutic Applications of Honey and its Phytochemicals 361-388 doi: 10.1007/978-981-15-6799 -19.

37- Qamer, S. Ahamed, F. Ali, S.S. Shakoori A.R. 2013 Effect of Storage on Various Honey Quality Parameters of Apis dorsata Honey from Nepal. *Pakistan Journal of Zoology*. 45(3), 741-747.

38- Rahmanian ,M. Khouhestani ,A. Ghavifekr, H. Ter-Sarkissian, N. Donoso, G. Olszyna-Marzys, A.O., 1970 High ascorbic acid content in some Iranian honeys. Chemical and biological assay. *Nutrition and Metabolism* 12, 3, 131–35. doi: 10.1159/000175285.

39- Ramli, N.Z. Chin, K.Y. Zarkasi, K.A. Ahmad, F. 2018 A Review on the Protective Effects of Honey against Metabolic Syndrome. *Nutrients* 2; 10(8):1009. doi: 10.3390/nu10081009. PMID: 30072671; PMCID: PMC6115915.

40- Ranneh, Y., Akim, A.M. Hamid, H.A. Khazaai, H. Fadel, A. Zakaria, Z.A. Albujja, M. Bakar, M.F.A., 2021 Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies* 14; 21(1):30. doi: 10.1186/s12906-020-03170-5. PMID: 33441127; PMCID: PMC7807510.

41- Rosane, N. C., Azeredo, L. C., Azeredo M. A. A., de Sampaio, C. S. T., 2001 HPLC assay for the determination of ascorbic acid in honey samples. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* April 24(7):1015-1020 DOI:10.1081/JLC-100103427.

42- Rossano, R. LaRocca, M. Polito, T. Perna, A.M. Padula , M.C. Martelli, G. Riccio P. 2012 What are the proteolytic enzymes of honey and what they do tell us ? A fingerprint analysis by 2-D zymography of unifloral honeys. *PLoS ONE* 7, e49164.

43- Samarghandian, S. Farkhondeh, T. Samini, F. 2017 Honey and Health: A Review of Recent Clinical Research. *Pharmacognosy Reviews*. 9(2):121-127. doi: 10.4103/0974-8490.204647. PMID: 28539734; PMCID: PMC5424551.

44- Sawicki, T. Starowicz, M. Kłębukowska, L., Hanus, P. 2022 The Profile of Polyphenolic Compounds, Contents of Total Phenolics and Flavonoids, and Antioxidant and Antimicrobial Properties of Bee Products. *Molecules* 27(4): 1301.

45-Schaper, A.A.M.; Lim, L.Y.; Locher, C.A 2023 Modified Folin-Ciocalteu Assay for the Determination of Total Phenolics Content in Honey. *Appl. Sci.*, 13, 2135. https://doi.org/10.3390/app1304213https://doi.org/10.3390/app12157584.

46- Shaikh A. Ahmad, F. Teoh S.L. Kumar, J. Yahaya M.F. 2023 Honey and Alzheimer's Disease-Current Understanding and Future Prospects. *Antioxidants* 9; 12(2): 427. doi: 10.3390/antiox12020427. PMID: 36829985; PMCID: PMC9952506.

47- Shapla U. M. Solayman M. Alam N. Khalil, M. I., Gan S. H. 2018 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* 12(1), 35. https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3 Szwaigier D.

48- Solayman, M.D. Islam, M.D.A. Paul, S. Ali, Y. M.D. Khalil, I. Alam,N. Hua Gan, S. 2016 Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15, 219-233 doi: 10.1111/1541-4337.12182.

49- Suri P.S. Chhabra P. 2020 A Review Presence of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) in Food Products: Positive and Negative Impacts on Human Health. *International Journal of Forensic Sciences* 5, doi: 10.23880/ijfsc-16000194.

50- Suri P.S. Chhabra P. Sawicki T. Bączek N. Starowicz M. 2020 Characterization of the total phenolic, vitamins C and E content and antioxidant properties of the beebread and honey from the same batch. *Czech Journal of Food Sciences* 38, (3): 158–163.

51- Tafere, D.A. 2021 Chemical composition and uses of Honey: A Review. *Journal of Food Science and Nutrition Research* 4 (3): 194-201. doi:10.26502/jfsnr.2642-11000072.

52- Terio, V. Bozzo, G. Ceci, E. Savarino, A.E. Barrasso, R. Di Pinto, A. Mottola, A. Marchett,i P. Tantillo, G. Bonerba, E. 2021 Methylglyoxal (MGO) in Italian Honey. *Applied. Science* 11, 831. https://doi.org/10.3390/app11020831.

نسخه پیش انتشار

53- Tõugu, V . 2001 Acetylcholinesterase: Mechanism of Catalysis and Inhibition. *Curr. Med. Chem. Central Nervous System Agents* 1, 155-170 155 1568-0150/01 $28.00+.00 © 2001 Bentham Science Publishers Ltd.
54- Vorlová, L. Celechovska, O. 2002 Activity of Enzymes and Trace Element Content in the Bee Honey. *Acta Veterinaria* Brno 71: 375-378.
55- Wang, F. Chen, X. Wang, Y. Li, X. Wan, M. Zhang, G. Leng, F. Zhang, H. 2022 Insights into the Structures, Inhibitors, and Improvement Strategies of Glucose Oxidase. *International Journal of Molecular Sciences.* 23, 9841. https://doi.org/10.3390/ijms23179841.
56- Xiao Z, Storms R, Tsang A. 2006 A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities. *Anal Biochem*. 2006 Apr 1; 351(1):146-8. doi: 10.1016/j.ab.2006.01.036.
57- Yang, M.,Gao, Y. Liu, Y. Fan, X. Zhao, K. Zhao, S. 2018 Broadband Dielectric Properties of Honey: Effect of Water Content. *JAST* 20, 4, 685-693 URL: http://jast.modares.ac.ir/article-23-20052-n.html.
58- Zappala, M. Fallico, B. Arena, E. Verzera, A. 2005 Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. *Food Control* 16 273–277 doi:10.1016/j.foodcont.2004.03.006.

نسخه پیش انتشار