دوفصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون زنبورعسل
دوره ۱۵، شماره ۲۸، سال ۱۴۰۳، (۲-۹)

مروری بر ترکیبات فنولی و اثرات بیولوژیک عسل

مریم اثنی عشری[1*]، الهام هادی پور[2]

۱- استادیار بخش تحقیقات فرآوری تولیدات دامی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲۴ **تاریخ پذیرش**: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/HBSJ.2024.362902.1144
رایانامه: m.asnaashari@yahoo.com

چکیده:

آنتی اکسیدان‌ها که از فعالترین ترکیبات بیواکتیو در عسل می‌باشند، در حفاظت از موجودات زنده در برابر آسیب اکسیداتیو نقش مهمی دارند و از بروز انواع بیماری‌های مزمن مانند سرطان، بیماری قلب و عروق و دیابت جلوگیری می‌کنند. عسل دارای انواع آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی شامل گلوکز اکسیداز، کاتالاز، ال-اسکوربیک اسید، فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک، کاروتونوئیدها و اسیدهای الی، آمینواسیدها و پروتئین‌ها می‌باشد. فعالیت آنتی اکسیدانی عسل، عمدتا به سبب وجود ترکیبات ارزشمند فنولی و فلاونوئیدی موجود در آن است که با مکانیسم‌های مختلفی، رادیکال‌های آزاد تولید شده در واکنش‌های اکسایشی بدن را مهار می‌کند. میزان این ترکیبات، تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله منشا گیاهی، فصل و عوامل محیطی می‌باشد. در این میان، منشا گیاهی عسل، بیشترین تاثیر را بر فعالیت آنتی اکسیدانی آن دارد. استفاده از عسل برای درمان بیماری‌ها از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در علم پزشکی داشته است. لذا، در

این مقاله ضمن مطالعه خصوصیات آنتی اکسیدانی عسل، به خصوصیات درمانی و سلامتی بخش آن می‌پردازیم.

واژگان کلیدی: عسل، خصوصیات آنتی اکسیدانی، ترکیبات فنولی، سلامتی بخشی، اثرات بیولوژیک

مقدمه

عسل فرآورده اصلی صنعت زنبورداری است که به عنوان یک محلول قندی فوق اشباع طبیعی محسوب می‌شود. این محصول به عنوان یک ماده غذایی پر انرژی و مغذی از دیرباز مورد توجه و علاقه انسان‌ها بوده است. براساس تعریف کدکس، عسل عبارت است از ماده شیرین طبیعی تولید شده توسط زنبورهای عسل از شهدگل‌ها یا از ترشحات بخش‌های زنده گیاهان تولید می‌شود. عسل یک محصول شیرین و طعم‌دار است که به عنوان ماده غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا مصرف می‌شود و حاوی بیش از ۱۸۰ ترکیب سازنده شامل قندها، اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها، پروتئین، ویتامین، مواد معدنی، خاکستر، اسیدهای آلی، ترکیبات معدنی و آنتی اکسیدان‌ها است. بنابراین، دارای مزایای تغذیه‌ای و درمانی است. عسل علاوه برداشتن ارزش تغذیه‌ای بالا، به علت داشتن اجزای تشکیل دهنده مفید می‌تواند خواص عملکردی مختلفی نظیر خواص آنتی اکسیدانی[1]، ضدمیکروبی[2] و ضدالتهابی[3] نیز داشته باشد که سبب حفظ سلامت انسان و درمان برخی از اختلالات و بیماری‌ها می‌گردد. به همین دلیل انسان‌ها از دیرباز از عسل به عنوان یک محصول دارویی در طب سنتی استفاده می‌کردند. اثر درمانی این ماده در درمان بیماری‌های مزمن (مانند سرطان، بیماری‌های قلبی، گوارشی و دیابت)، تقویت سیستم ایمنی بدن، بهبود زخم‌های پوستی و بسیاری از اختلالات دیگر به اثبات رسیده است به تکنیک‌های درمانی با استفاده از فرآورده‌های زنبورعسل که سیستم ایمنی را تقویت می‌کند، زنبور درمانی[4] می‌گویند (Smetanska et al., 2021).

ترکیب اصلی عسل کربوهیدرات‌ها (۷۵ تا ۸۰ درصد) می‌باشد که عمده آن‌ها از قندهای ساده‌ای نظیر گلوکز و فروکتوز تشکیل شده‌اند. معمولا مقدار فروکتوز کمی بیش‌تر از گلوکز است که می‌تواند به علت اکسایش جزئی گلوکز به اسید گلوکونیک و پراکسید هیدروژن توسط گلوکز اکسیداز باشد. علاوه بر این، مقادیر کمی مونو، دی، تری ساکارید و الیگوساکارید نیز در عسل وجود دارد. آب دومین جزء بزرگ در عسل است که ۱۵ تا ۲۰ درصد آن را تشکیل داده است. علاوه بر این، عسل حاوی ترکیبات زیست فعال جزئی مختلفی مانند اسیدآمینه‌ها، آنزیم‌ها، اسیدهای آلی، ویتامین‌های C و E، ترکیبات پلی فنولی (اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها)، رنگدانه‌ها (کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها) و مواد معدنی است. برخی از این ترکیبات از شهد یا گرده وارد عسل شده و برخی نیز توسط زنبور در طول فرآیند تولید عسل تشکیل می‌شوند. این ترکیبات به عسل خواص عملکردی و بیولوژیک می‌بخشند، لذا، می‌توانند به عنوان یک غذای کاربردی در بدن انسان مورد استفاده قرار گیرد. آنتی‌اکسیدان‌ها از فعال‌ترین ترکیبات فیزیولوژیکی طبیعی موجود در عسل می‌باشند که از واکنش‌های اتواکسایش جلوگیری کرده و با مکانیسم‌های مختلف اثر مهارکنندگی روی رادیکال‌های آزاد دارند (Afshari et al., 2022).

خلفی و همکاران (۱۳۹۵)، ۱۰ نمونه عسل از مناطق مختلف ایران به نام‌های گشنیز، شوید، کنار، آویشن، جعفری، قنقال، گون، یونجه، گون‌گز و بهارنارنج را از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (محتوای رطوبت، مواد جامد محلول، اسیدیته، چگالی ویژه، ویسکوزیته و مواد قندی کل) مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که عسل شوید کم‌ترین مقدار رطوبت (۱۴/۳ درصد) و بیش‌ترین میزان ویسکوزیته (۵۷۱۲۰ سانتی پویز) را داشت. بنابراین نسبت به سایر نمونه‌ها مدت ماندگاری بیشتری در طول انبارداری دارد. در بین تمام نمونه‌های عسل، عسل گون‌گز دارای کم‌ترین میزان ساکارز (۰/۱ درصد) بود، درحالی‌که، عسل شوید بیش‌ترین میزان ساکارز (۴/۲ درصد) را به خود اختصاص داده بود. همچنین، بلقیسی (۱۳۹۹) به بررسی تاثیر منشا گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی در ۳۰ نمونه عسل از منابع گیاهی مختلف (گون، کنار، آویشن، بهارنارنج و چهل گیاه) پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که میزان رطوبت عسل بهارنارنج نسبت به سایر گونه‌های گیاهی بالاتر بوده است و با حد مجاز استاندارد بین المللی کدکس (بیشینه ۲۰ درصد) مطابقت نداشته است. همچنین میزان ساکارز در نمونه‌های عسل گون، کنار، آویشن و چهل گیاه بالاتر از حد مجاز استاندارد بین المللی کدکس (بیشینه ۵ درصد) بود. دیاستاز در نمونه‌های عسل گون، کنار، آویشن و چهل گیاه کمتر از حد استاندارد بود. پرولین در

1- Antioxidation
2- Antimicrobial
3- Anti-inflammatory
4- Apitherapy

تمام نمونه‌ها به استثناگون و کنار در محدوده مجاز استاندارد بین‌المللی کدکس (کمینه ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشت.

حرارت دادن باعث از بین رفتن این ترکیبات زیست فعال جزئی می‌شود، در نتیجه بر روی عسل اثر منفی دارد. عسل در طول نگهداری دچار تغییرات زیادی در ترکیب آن می‌شود که علت آن به انجام واکنش‌های شیمیایی مختلف نظیر تخمیر، اکسایش و فرآیندهای حرارتی بر می‌گردد. به عنوان مثال، هیدروکسی متیل فورفورال[5] یک ماده سمی و خطرناک است که طی دهیدراته شدن هگزوزها در یک محیط اسیدی، مانند عسل تشکیل می‌شود (Al-Ghamdi et al., 2017). فام و همکاران (۲۰۲۲)، عسل ویتنامی برگرفته شده از گل لانگان و عسل طبیعی چندگل (از کندوی زنبور Micrapis) را با هدف تعیین خواص فیزیکوشیمیایی (رطوبت، اسیدیته کل، خاکستر، قند کل، قندهای احیاکننده، پروتئین و هیدروکسی متیل فورفورال) مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که که محتوای رطوبت، اسیدیته کل، خاکستر، قند کل، قندهای احیاکننده، پروتئین و هیدروکسی متیل فورفورال، به ترتیب در محدوده‌های ۲۱/۹ تا ۰/۵ درصد، ۳۱/۷۵ تا ۳۹/۱۳ meq/kg، ۰/۳۷ تا ۰/۴۸ درصد، ۸۴/۵۸ تا ۸۸/۵۲ درصد، ۷۹/۴۲ تا ۸۲/۶۹ درصد، ۰/۲۵ تا ۰/۴۱ درصد، ۳۳/۴ تا ۷۵/۴ mg/kg بود. آن‌ها نشان دادند مقادیر فیزیکوشیمیایی آن هنوز در مقایسه با استانداردهای بین المللی تفاوت‌هایی دارد. همچنین، افشاری و همکاران (۲۰۲۲)، ۲۵ نمونه عسل از برندهای مختلف موجود در استان خراسان (ایران) از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (اسیدیته آزاد، قندهای احیاکننده، ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، پرولین، فعالیت دیاستازی و هیدروکسی متیل فورفورال) مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که از ۲۵ نمونه عسل بررسی شده، ۸ نمونه (۳۲ درصد) با تمام الزامات مطابقت داشته و عموماً کیفیت قابل قبولی دارند. این در حالی بود که ۱۷ نمونه (۶۸ درصد) مورد تایید سازمان استاندارد ایران (ISO) قرار نگرفتند که از این بین ۱۲ نمونه با مقادیر دیاستاز پایین (کم‌تر از ۸ شید)، دو نمونه با میزان بالای ساکارز، دو نمونه با میزان بالای پرولین و یک نمونه با میزان هیدروکسی متیل فورفورال بالا بودند. آن‌ها گزارش کردند که علت این نتایج می‌تواند به عواملی نظیر انبارداری نامناسب (از نظر زمان و دما)، عملیات حرارتی و تقلب با شکر صنعتی بستگی داشته باشد (افشاری و همکاران، ۲۰۲۲)

ترکیبات فنولی عسل

ترکیبات فنولی از ترکیبات مهم زیست فعال جزئی عسل می‌باشند که کاربردها و ویژگی‌های مختلفی برای عسل ایجاد می‌کنند. آن‌ها در بروز عملکردهای بیولوژیکی عسل نظیر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی نقش به سزایی دارند علاوه بر این، بر طعم، مزه و ظاهر فیزیکی عسل نیز تاثیر می‌گذارد. مقدار پلی‌فنول‌ها در فصول خشک، با دمای بالای محیط افزایش می‌یابد. این ترکیبات متابولیت‌های ثانویه[6] گیاهان بوده و دارای حداقل یک حلقه آروماتیک حامل یک یا چند گروه هیدروکسیل می‌باشند. با توجه به تعداد حلقه‌های فنول و عناصر ساختاری که این حلقه‌ها را به هم متصل می‌کند، می‌توان آن‌ها را طبقه‌بندی کرد. ترکیبات فنولی موجود در عسل عمدتا فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و مشتقات آن‌ها هستند که دارای فعالیت‌های ضداکسایشی و ضدباکتریایی می‌باشند (Farahmandfar et al., 2019).

این ترکیبات فنولی اغلب از منشا گیاهی عسل تامین می‌گردد. گیاهان گروه متنوعی از مولکول‌های آلی را تحت عنوان متابولیت-های ثانویه تولید می‌کنند که نقش‌های مختلفی در طول زندگی گیاه از نظر ساختمانی و حفاظتی ایفا می‌کنند. واژه فنول به تقریبا ۸۰۰۰ ترکیب طبیعی اطلاق می‌شود که همه آن‌ها دارای یک ویژگی مشترک ساختمانی (حلقه آروماتیک شامل حداقل یک گروه هیدروکسیل) هستند. اسیدهای فنولی گروهی از ترکیبات فنولی هستند که دارای یك حلقه آروماتیك حاوی یك یا تعداد بیشتری گروه‌های هیدروکسیل هستند. اسیدهای فنولی از دیدگاه ساختمانی به دو گروه هیدروکسی سینامیک و هیدروکسی بنزوئیک تقسیم می‌شوند (Asnaashari et al., 2019). گرچه اسکلت اصلی مشابه است، تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل در حلقه آروماتیک سبب ایجاد تنوع می‌گردد. ترکیبات فنولی به سبب واکنش پذیری قسمت فنولی (گروه هیدروکسیل در حلقه آروماتیک) به عنوان آنتی‌اکسیدان رفتار می‌کنند. اگرچه مکانیسم‌های متعددی برای توصیف رفتار آنتی‌اکسیدان وجود دارد، حالت غالب آن مهار رادیکال از طریق دهندگی اتم هیدروژن می‌باشد. دیگر خواص آنتی‌اکسیدان‌ها، مکانیسم فرونشاندن رادیکال از طریق دادن الکترون و فرونشاندن اکسیژن است. گرچه هنوز نقش اسیدهای فنولی در گیاهان ناشناخته است، این اسیدها در واکنش‌های مختلفی از قبیل جذب مواد

5- Hydroxy methyl furfural (HMF)

6- Secondary metabolites

مغذی، سنتز پروتئین، فعالیت آنزیمی و فتوسنتز شرکت دارند. فقط کسر کوچکی از این اسیدهای فنولی به عنوان "اسیدهای آزاد" وجود دارد و غالبا به صورت استر، اتر یا استال به سلولز، پروتئین‌ها یا لیگنین و یا به پلی فنول‌های بزرگتر (فلاونوئیدها) یا مولکول‌های آلی کوچکتر از قبیل گلوکز و اسیدهای کوئنیک، مالیک و تارتاریک پیوند یافته‌اند. این ارتباط به آرایه وسیعی از مشتقات منجر شده است. این تنوع یکی از عوامل مهم در پیچیدگی آنالیز اسیدهای فنولی است. اسیدهای فنولی به سبب واکنش پذیری گروه فنولی (جایگزینی هیدروکسیل در حلقه آروماتیک) به عنوان آنتی‌اکسیدان رفتار می‌کنند. گرچه مکانیسم‌های متعدد برای توصیف رفتار آنتی‌اکسیدانی وجود دارد، حالت غالب آن مهار رادیکال‌ها از طریق دهندگی اتم هیدروژن می‌باشد. دیگر خواص آنتی‌اکسیدانی، مکانیسم فرونشانی رادیکال[7] از طریق دادن الکترون و فرونشانی اکسیژن است (Smetanska et al., 2021). سلیمان و همکاران (۲۰۲۰) به اثر ارتفاع در منطقه Asir عربستان سعودی بر محتوی فنولی و فلاونوئیدی عسل کنار پرداختند. نمونه‌ها در چهار ارتفاع (۱۱۳، ۳۱۷، ۵۱۱ و ۵۷۶ متر از سطح دریا) جمع آوری شدند. منوفرولار بودن با آزمون‌های melisopalynology مورد تایید قرار گرفت. نتایج نشان داد که عسل کنار از محتوی بالای ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی برخوردار است. رابطه منفی معنادار بین ارتفاع و محتوی فنول و فلاونوئیدی کل در عسل کنار یافت شد (Suleiman et al., 2020).

به طور معمول، در صنعت مواد غذایی، فلاونوئیدها را به عنوان ترکیبات فنولی غالب می‌شناسند. زیرا دو سوم فنول رژیم غذایی را شامل می‌شوند. با این حال، اسیدهای فنولی تقریبا یک سوم باقی مانده را شامل می‌شوند. فلاونوئیدها از مشتقات رنگدانه‌های بنزوپیرنی هستند که عمدتا رنگ‌های زرد ایجاد می‌کنند. ساختار شیمیایی فلاونوئیدها بصورت C_6-C_3-C_6 می‌باشد که شامل دو حلقه بنزن است که توسط یک حلقه پیران به هم متصل شده اند. اکثر فلاونوئیدها در سلول‌های گیاهی به صورت گلیکوزیدی یافت می‌شوند که بخش قندی آن‌ها قند روتینوز می‌باشد. روتینوز یک دی ساکارید متشکل از گلوکز و رامنوز می‌باشد. در عسل فرم گلیکوزیدی اکثر فلاونوئیدها به صورت O-گلیکوزید می‌باشد. درنتیجه، جایگزینی قند در ساختار آن‌ها از طریق گروه‌های هیدروکسیل O-گلیکوزیدها اتفاق می‌افتد. غلظت فلاونوئیدها در عسل قابل توجه است (Smetanska et al., 2021).

قربانی و همکاران (۲۰۱۷)، ۸۰ نمونه عسل طبیعی و ۲۰ نمونه عسل تجاری از مناطق شمال غربی و جنوب غربی ایران را از نظر پارامترهایی نظیر هیدروکسی‌متیل فورفورال، مقادیر فنول کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش‌های فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH و مهار رنگبری بتاکاروتن مورد بررسی قرار دارند. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح HMF در ۵ درصد نمونه‌های عسل طبیعی (۴ نمونه از ۸۰ نمونه) و ۷۰ درصد نمونه‌های عسل تجاری (۱۴ نمونه از ۲۰ نمونه) بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود. همچنین میانگین محتوای فنولیک عسل‌های تجاری (۲۰/۵۱ میلی‌گرم معادل اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم عسل) به طور معنی‌داری ($P<0/05$) کم‌تر از عسل‌های طبیعی (۵۵/۳۷ میلی‌گرم معادل اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم عسل) بود. میانگین IC_{50} نمونه‌های عسل طبیعی ۴۰/۶۳ mg/ml با محدوده ۱۴/۲ تا ۸۴/۱ mg/ml بود، در حالی که میانگین IC_{50} نمونه‌های عسل تجاری ۳۴۱/۹۶ mg/ml با محدوده ۱۱۵ تا ۹۹۷/۴ mg/ml بود. علاوه بر این، آن‌ها گزارش کردند که میانگین مقادیر مهار رنگبری بتاکاروتن عسل‌های طبیعی (۵۴/۵۴ mg/ml) و تجاری (۲۵/۳۷ mg/ml) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشت. آن‌ها نتیجه گرفتند عسل‌های طبیعی از نظر پارامترهای بررسی شده به‌طور معنی‌داری قابل قبول‌تر از عسل‌های تجاری بودند. همچنین، پری‌چهره و همکاران (۱۴۰۰)، طی مطالعه‌ای در ارتباط با بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی عسل تولید شده توسط زنبورعسل کوچک (*Apis florea*) در مناطق جنوبی ایران، تعدادی از نمونه‌های عسل تولید شده در نواحی مختلف کشور شامل بوشهر، چابهار، دزفول، ایرانشهر، جهرم، جیرفت و رودان را از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (محتوای رطوبت، pH، اسیدیته، خاکستر، ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، پرولین، دیاستاز، خاکستر و هیدروکسی متیل فورفورال) مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که محدوده میزان رطوبت، pH، خاکستر، ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، پرولین، دیاستاز و هیدروکسی متیل فورفورال عسل زنبورعسل کوچک کوچک به ترتیب ۱۲/۲۳ تا ۱۴/۸۹ درصد، ۴/۱۳ تا ۴/۵۲، ۰/۰۱ تا ۰/۱۶ درصد، ۰/۱ تا ۹۱/۲۶، ۲۰۸/۴۸ تا ۳۴۷/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۳۰ تا ۳۶/۹۸ گوته و صفر تا ۱۹/۴۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. آن‌ها گزارش کردند که تمامی خصوصیات فیزیکوشیمیایی عسل‌های بررسی شده توسط زنبورعسل کوچک با استاندارد ارائه شده توسط کدکس مطابقت داشت. همچنین کیفیت عسل تولیدی زنبورعسل کوچک نسبت به عسل زنبورعسل اروپایی برتری دارد، زیرا نتایج آن‌ها نشان داد که عسل

7- Radical quenching

تولیدی زنبورعسل کوچک میزان ساکارز و رطوبت کم‌تری نسبت به عسل زنبورعسل اروپایی دارد که علت آن به ترتیب به تفاوت در فعالیت آنزیمی و نوع لانه‌سازی دوگونه برمی‌گردد. همچنین نوع شهدهایی که توسط دوگونه جمع‌آوری می‌شود نیز در پایین بودن رطوبت آن‌ها تاثیرگذار است. اسمتانسکا و همکاران (۲۰۲۱)، نیز شش نمونه عسل از مناطق مختلف جهان به نام‌های اقاقیا (از آلمان)، ال-سایدر (از لیبی)، شبدر (از مصر)، سایدر (از یمن)، کاج (از آلمان)، سایدر (از عربستان سعودی) را از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، محتوای رطوبت، TSS، فعالیت آبی، اسید آمینه، ضریب شکست و شدت رنگ "جذب در طول موج ۶۳۵ نانومتر"، مقادیر رنگ هانتر، لیکوپن، بتاکاروتن و هیدروکسی متیل فورفورال)، مقادیر فنول و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که عسل شبدر (از مصر) بیش‌ترین میزان pH ۳/۲۶ را داشت. عسل سایدر (از یمن) و سایدر (از عربستان سعودی) به ترتیب دارای کم‌ترین میزان رطوبت (۸۱/۱۶ درصد و ۹۱/۱۶ درصد) بودند. عسل اقاقیا (از آلمان) کم‌ترین میزان هیدروکسی متیل فورفورال (۶/۳ میلی گرم در هر کیلوگرم) و عسل سایدر (از عربستان سعودی) بیش‌ترین میزان هیدروکسی متیل فورفورال (۴۷/۲۲ میلی‌گرم در هر کیلوگرم) را به خود اختصاص داده بودند. علاوه بر این، آن‌ها گزارش کردند که تمامی نمونه‌های بررسی شده دارای محتوای بالایی از ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی بودند. بالاترین محتوای فنولیک و فلاونوئید را عسل سایدر (از عربستان سعودی) و بالاترین شدت رنگ را عسل کاج (از آلمان) داشتند. نتایج حاصل از ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف عسل به روش فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH نشان دهنده همبستگی مثبت قوی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای پلی فنولیک و رنگ عسل بود. عسل‌های تیره‌تر (عسل سایدر عربستان سعودی و کاج آلمان) فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری را ثبت کردند.

اثرات بیولوژیک عسل

در قرآن کریم از عسل به عنوان ماده شفا بخش یاد شده و حتی یک سوره به نام زنبورعسل (نحل) اختصاص یافته است. همچنین در احادیث فراوانی به عسل و زنبورعسل اشاره شده است. اهمیت عسل در طب سنتی به مراتب بیش‌تر از حال حاضر بوده است. همواره ارتباط تنگاتنگی بین مصرف عسل و پیش‌گیری از بیماری وجود دارد. امروزه این اثر را به محتوای آنتی‌اکسیدانی بالای آن‌ها نسبت می‌دهند که با مهار آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های اکسایشی در بدن از بروز امراضی چون بیماری‌های قلبی و عروقی، انواع سرطان و سکته مغزی جلوگیری می‌کند (Hossain et al., 2021). خواص ضدمیکروبی عسل به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد. فعالیت غیر مستقیم ضدمیکروبی عسل از طریق فعال کردن سیستم ایمنی بدن و خواص پروبیوتیک و ضدالتهابی عسل انجام می‌شود، درحالی که، فعالیت مستقیم آن به دو صورت پراکسیدی و غیر پراکسیدی می‌باشد. طی فعالیت پراکسیدی عسل، ترکیبی ضدباکتریایی به نام هیدروژن پراکسید (H_2O_2) توسط آنزیم‌های گلوکز اکسیداز تولید می‌شود. ترکیبات غیر پراکسیدی عسل بسته به نوع عسل و منشاء گیاهی آن شامل ترکیبات مختلفی نظیر لیزوزیم‌ها، اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها، کربوهیدرات‌ها، تولیدات مایلارد، پروتئین‌ها (نظیر دفینسین که از ژل رویال نشات می‌گیرد)، متیل گلیوکسیال[8]، HDA-۱۰[9] (از ژل رویال نشات می‌گیرد)، پپتیدهای شبه آنتی‌بیوتیکی و غیره می‌باشد (Mavric et al., 2008). همچنین، خاصیت اسمزی قندهای موجود در عسل به ویژه ساکارز و اسیدیته پایین در ایجاد فعالیت ضدباکتریایی عسل بسیار تاثیرگذار است. عسل مانوکا نیوزلند تیره رنگ بوده و به علت وجود ترکیبات غیرپراکسیدی نظیر متیل گلیوکسیال و ترکیبات فنولیک (نظیر متیل سیرینگات و سیرینجیک اسید) فعالیت ضدمیکروبی بالایی دارد، به همین دلیل از آن در درمان زخم‌ها و سوختگی‌ها استفاده می‌شود (Mavric et al., 2008). مادوک و جنکینز (۲۰۱۳)، گزارش کردند که عسل علاوه بر اثر روی ساختار سلولی و متابولیسم‌ها، روی بیماری‌زایی پاتوژن‌ها نیز اثر سوء دارند. اثرات آنتی پاتوژنیک عسل شامل باکتری‌کشی و مهار توکسین باکتریایی و اختلال در جذب آهن توسط پاتوژن‌های بیماری‌زا می‌باشد (Maddocks and Jenkins, 2013).

عسل همچنین می‌تواند در پیشگیری و درمان سرطان موثر باشد. اف رین و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثر عسل توت فرنگی بر جلوگیری از رشد سرطان کولون (رده سلولی HCT-۱۱۶) و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن پرداختند و با عسل مانوکا مقایسه کردند. عسل توت فرنگی حاصل از منطقه Berchidda از محتوی فنولی، فلاوونوئیدی، پروتئینی و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به عسل مانوکا

8- Methylglyoxal

9- 10-hydroxy-2-decenoic acid

برخوردار بود. همچنین عسل توت فرنگی در غلظت کمتر، اثر سمیت بیشتری بر سلول‌های سرطانی دارد. تولید گونه‌های فعال اکسیژن در هر دو عسل مشابه بود. لذا عسل توت فرنگی توانایی بالایی در جلوگیری از تکثیر سلول‌های سرطان کولون دارند. همچنین، سلیم و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثر سمیت عسل *Trogona itama* بر ادنوکارسینوما سلول‌های ریه (A549) پرداختند. بدین منظور، سلول‌ها با سطوح مختلفی از عسل به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت مجاور بودند و سپس با آزمون تریپان بلو و فلوسایتومتریک مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین اثر سمیت سلولی عسل در غلظت ۲۰ درصد بعد از گذشت زمان ۷۲ ساعت مشاهده شد. IC_{50} عسل در رده سلولی A549، ۰/۶۲ درصد حجمی/ حجمی گزارش شد. مطالعات خصوصیات درمانی بسیاری از عسل‌های بومی ایران نیز نتایج بسیار امیدوارکننده‌ای در مورد شفابخش بودن عسل ارائه کردند.

همچنین، عسل حاوی ۰/۳ تا ۲۵ میلی‌گرم کولین (B_4) و ۰/۰۶ تا ۵ میلی‌گرم استیل کولین می‌باشد. کولین جهت بازسازی و ترمیم غشای سلولی و فعالیت‌های قلبی-عروقی و مغزی در بدن نقش دارد، درحالی‌که استیل کولین به عنوان انتقال دهنده عصبی در بدن کاربرد دارد (دادگستر، ۱۳۹۶).

همچنین، عسل دارای فعالیت‌های ضدقارچی، ضدانگلی و ضدویروس نیز می‌باشد. خاصیت ضدقارچی *Candida albicans* به دلیل وجود ترکیبات فلاونوئیدی عسل می‌باشد (Candiracci et al., 2011). در پژوهشی خواص ضد قارچی عسل‌های چندگل در درمان ۴۰ سویه قارچ بیماری‌زا انجام شد که نتایج حاکی از اثر بخشی بیشتر عسل‌های چندگل نسبت به عسلهای تک‌گل پرتقال و اکالیپتوس بود (Kok et al., 2009). علاوه بر این، عسل اثرات قارچ‌کشی علیه قارچ‌های بیماری‌زا جنس *Epidermophyton*، *Microsporum* و *Thrichophyton* نیز دارد (دادگستر، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

ایران با تولید سالانه بالای عسل، رتبه هفتم جهان را به خود اختصاص داده است. رسیدن عسل، فصل برداشت، روش تولید و فرآوری، شرایط اقلیمی، مدت زمان ذخیره سازی و مکان نگه داری و منبع شهد (تک گل و یا چندگل) تاثیر مهمی بر خصوصیات ضد سرطانی عسل دارد، به همین دلیل، عسل‌ها با توجه به فاکتورهای مذکور می‌توانند خصوصیات متفاوتی داشته باشند. عسل دارای ترکیبات بیواکتیو ارزشمندی از جمله ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی است که خصوصیات آنتی اکسیدانی بی‌نظیری دارد. استفاده از عسل، با توجه به خصوصیات ارزشمند بیولوژیکی، تغذیه ای و درمانی می‌تواند به طور قابل توجهی از بروز انواع بیماری‌ها جلوگیری و در درمان آنها موثر واقع گردد.

منبع ها:

۱. بلقیسی، س. (۱۳۹۹). تاثیر منشاگیاهی بر ویژگی‌های فیزیکیشیمیایی و میکروبی عسل. پژوهش‌های صنایع غذایی ۳۰(۱)، ۱۱۳-۱۲۴.

۲. پری چهره، ش.، طهماسبی، غ.، خاکی، پ. و بابایی، م. (۱۴۰۰). بررسی خواص فیزیکوشیمیایی عسل زنبورعسل کوچک (Apis florea) در مناطق جنوبی کشور. مجله تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک. شماره ۱۳(۱)، ۱۲۱-۱۳۵.

۳. خلفی، ر.، گلی، س.ا. و اصفهانی، م.ب. (۱۳۹۵). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۱۰ نمونه عسل گیاهی مختلف. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۳ (۵۱)، ۵۱-۶۳.

۴. دادگستر، ش. (۱۳۹۶). فرآورده‌های زنبورعسل (تولید، فرآوری، کاربردها و خواص درمانی)، چاپ اول، انتشارات پژوهش، تهران، ایران.

5. Afrin, S., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparrini, M., Bompadre, S., Quiles, J. L., Sanna, G., Spano, N., Giampieri, F. & Battino, M. (2017). Strawberry-tree honey induces growth inhibition of human colon cancer cells and increases ROS generation: A comparison with Manuka honey. International Journal of Molecular Sciences, 18(3), 613.

6. Afshari, A., Ram, M., and Mohamadi, S. (2022). Quality Evaluation of Iranian Honey Collected from Khorasan Province, Iran. International Journal of Food Science, 2022.

7. Al-Ghamdi. A., S. E. Mohammed, M. J. Ansari and N. Adgaba. (2017). Comparison of physico-chemical properties and effects of heating regimes on stored Apis mellifera and Apis florea honey. Saudi Journal of Biological Sciences, 26: 845-848.

8. Asnaashari, M., Farhoosh, R., & Farahmandfar, R. (2019). Preservation of gallic acid and methyl gallate on purified Kilka fish oil oxidation by Rancimat. Food Science & Nutrition, 7(12), 4007-4013.

9. Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E. A., Silici, S., and Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. Food Chemistry, 180, 133-141.

10. Candiracci, M., Citterio, B., Diamantini, G., Blasa, M., Accorsi, A., and Piatti, E. (2011). Honey flavonoids, natural antifungal agents against Candida albicans. International Journal of Food Properties, 14(4), 799-808.

11. Farahmandfar, R., Naeli, M. H., Naderi, M., & Asnaashari, M. (2019a). Stabilizing corn oil using the lemon balm (Melissa officinalis) antioxidants extracted by subcritical water. Journal of food science and technology, 56, 695-704.

12. Ghorbani, M., Saei-Dehkordi, S. S., Mohebbi, A., and Pak, A. (2017). Evaluation of some chemical quality characteristics of honey produced in Iran. Journal of Food Quality and Hazards Conrol, 4(4), 113-118.

13. Hossain, M. L., Lim, L. Y., Hammer, K., Hettiarachchi, D., & Locher, C. (2021). Honey-based medicinal formulations: A critical review. Applied Sciences, 11(11), 5159.

14. Koc, A. N., Silici, S., Ercal, B. D., Kasap, F., Hörmet-Öz, H. T., and Mavus-Buldu, H. (2009). Antifungal activity of Turkish honey against Candida spp. and Trichosporon spp: an in vitro evaluation. Sabouraudia, 47(7), 707-712.

15. Maddocks, S. E., and Jenkins, R. E. (2013). Honey: a sweet solution to the growing problem of antimicrobial resistance. Future microbiology, 8(11), 1419-1429.

16. Mavric, E., Wittmann, S., Barth, G., and Henle, T. (2008). Identification and quantification of methylglyoxal as the dominant antibacterial constituent of Manuka (Leptospermum scoparium) honeys from New Zealand. Molecular nutrition & food research, 52(4), 483-489.

17. Pham, T. N., Le, H. T., Nguyen, Q. V., Tran, Q. T., and Tran, M. P. (2022). Physicochemical Properties, Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Vietnamese Honey. Research and Innovation in Food Science and Technology, 10(4), 427-438.

18. Salim, S. N. M., Ramakreshnan, L., Fong, C. S., Wahab, R. A., & Rasad, M. S. B. A. (2019). In-vitro cytotoxicity of Trigona itama honey against human lung adenocarcinoma epithelial cell line (A549). European Journal of Integrative Medicine, 30, 100955.

19. Smetanska, I., Alharthi, S. S., & Selim, K. A. (2021). Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin. Journal of King Saud University-Science, 33(5), 101447.

20. Suleiman, M. H., ALaerjani, W. M. A., & Mohammed, M. E. A. (2020). Influence of altitudinal variation on the total phenolic and flavonoid content of Acacia and Ziziphus honey. International Journal of Food Properties, 23(1), 2077-2086.

A review of phenolic compounds and biological effects of honey

Maryam Asnaashari [1*], Elham Hadipour [2]

1. Department of Animal Processing, Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2. Department of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran

DOI: 10.22034/HBSJ.2024.362902.1144

Abstract

Antioxidants, which are among the most active bioactive compounds in honey, play an important role in protecting living organisms against oxidative damage and prevent the occurrence of chronic diseases such as cancer, cardiovascular disease, and diabetes. Honey has a variety of enzymatic and non-enzymatic antioxidants, including glucose oxidase, catalase, L-ascorbic acid, flavonoids, phenolic acids, carotonoids and organic acids, amino acids and proteins. The antioxidant activity of honey is mainly due to the presence of valuable phenolic and flavonoid compounds in it, which inhibit free radicals produced in the oxidative reactions with various mechanisms. The amount of these compounds is influenced by various factors such as plant origin, season and environmental factors. Meanwhile, the herbal origin of honey has the greatest effect on its antioxidant activity. The use of honey to treat diseases has had a special place in medical science for a long time. Therefore, in this paper, the antioxidant properties of honey and its therapeutic and health-promoting properties is reviewed.

Key words: Honey, Antioxidant activity, Phenolic content, Health benefits, Biological effect

Corresponding Author: Maryam Asnaashari*
Email: m.asnaashari@yahoo.com