

مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رفتار رئولوژیکی عسل‌های طبیعی با عسل‌های شکرری و تقلبی

مرضیه رمزی^۱ - مهدی کاشانی نژاد^{۲*} - علیرضا صادقی ماهونک^۳ - سید محمد علی رضوی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۶

چکیده

در این تحقیق خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رفتار رئولوژیکی چهار نمونه از عسل‌های طبیعی استان گلستان با منشأ گل‌های مختلف شامل دو نمونه عسل تک گل (آفتابگردان و عشقه) و دو نمونه عسل چند گل (جنگل و کوهستان) با یک نمونه عسل شکرری و یک نمونه عسل تقلبی مورد مقایسه قرار گرفت. مقادیر به دست آمده مربوط به خصوصیات فیزیکوشیمیایی در تمام نمونه‌ها با هم متفاوت بود. در عسل‌های طبیعی این تفاوت می‌تواند به علت تفاوت در نوع گل و گیاه موجود در منطقه و فصل برداشت عسل مربوط باشد. تمام مقادیر به دست آمده در عسل‌های طبیعی مطابق با مقادیر تعیین شده توسط استاندارد و کدکس بود. درصد ساکارز و نسبت فروکتوز به گلوکز عسل شکرری و درصد ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، pH، هیدروکسی متیل فورفورال و فعالیت دیاستاز عسل تقلبی با مقادیر تعیین شده توسط استاندارد عسل مطابقت نداشت. ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های عسل در دماهای مختلف (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) مورد ارزیابی قرار گرفت. در محدوده سرعت برشی مورد مطالعه ($1/045-41/AS^{-1}$) تمامی نمونه‌ها رفتار نیوتنی از خود نشان دادند. مقادیر ویسکوزیته با توجه به نوع عسل و دمای اندازه‌گیری در محدوده ۱/۷ تا ۲۷۰/۴۸ به دست آمد. نمونه‌ی عسل تقلبی در مقایسه با نمونه‌ی عسل طبیعی با همان مقدار رطوبت از ویسکوزیته بیشتری برخوردار بود. در توصیف وابستگی دمایی ویسکوزیته دو مدل آرنیوس و VTF (Vogel-Taumman-Fulcher) و در توصیف وابستگی ویسکوزیته به رطوبت و غلظت (درجه بریکس)، مدل‌های قانون توان و نمایی برازش خوبی را با داده‌ها نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: عسل، تقلب، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژی، مدل آرنیوس، مدل VTF

مقدمه

از بین اغلب مواد غذایی طبیعی، عسل یک ماده بسیار پرازش می‌باشد که جایگاه ویژه خود را طی چندین قرن همچنان حفظ کرده است. پیشینه تاریخی عسل به ۲۰-۱۰ میلیون سال قبل از پیدایش انسان بر روی کره خاکی برمی‌گردد و کمابیش در اکثر فرهنگ‌ها بعنوان یک ماده مقدس از آن نام برده شده است (Bogdanov, 2009). عسل یک محصول طبیعی از تراوشات و شیرابه‌ی گیاهان است که بوسیله‌ی زنبور عسل جمع‌آوری شده و تغییراتی در آن به عمل آمده و در کندو ذخیره می‌شود (Kahraman et al, 2010). ترکیب عسل بطور چشم‌گیری به نوع گل‌های مورد استفاده توسط زنبور

عسل و شرایط آب و هوایی منطقه بستگی دارد. بنابراین، اساساً بهترین دلیل برای تنوع و گوناگونی عسل‌ها مربوط به ترکیب شیمیایی آن می‌باشد (Finola et al, 2007).

این مخلوط پیچیده از قندها حاوی مقادیر اندکی از اجزای دیگری از جمله مواد معدنی، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، اسیدهای آلی، فلاوونوئیدها، اسیدهای فنلیک، آنزیم‌ها و دیگر مواد شیمیایی گیاهی می‌باشد. عسل دارای خواص ضد میکروبی، ضد التهابی، ترمیم‌کننده‌ی زخم‌ها و آفتاب سوختگی، آنتی‌اکسیدانی، پری‌بیوتیکی و ... می‌باشد. لذا عسل یک محصول غذایی مفید و یک اکسیر پرازش بوده که از قرن‌ها پیش به عنوان عالی‌ترین و مقوی‌ترین غذاها شناخته شده و همچنین به واسطه ویژگی‌های شفابخش خود به عنوان دارو در درمان اکثر بیماری‌ها در بین تمام ملل کاربرد داشته است (قیصری و حمیدیان شیرازی، ۱۳۸۷).

عسل سیالی آروماتیک و ویسکوز می‌باشد. آگاهی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی عسل در فرآوری، حمل و نقل و نگهداری آن سودمند

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
* - نویسنده مسئول: (Email: kashani@gau.ac.ir)

بیشتر معلوم می‌شود (Cordella et al, 2003; Gallardo et al, 2009).

از روش‌های دستگاهی مختلفی برای تشخیص تقلبات عسل استفاده می‌شوند که در این بین می‌توان به روش‌های کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی مایع، طیف سنجی نزدیک مادون قرمز، گرماسنجی اسکن تفارقی، نسبت ایزوتوپ کربن پایدار، کروماتوگرافی مایع به همراه طیف سنجی جرمی نسبت ایزوتوپ، طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز به همراه قابلیت انعکاس کلی تضعیف شده، خصوصیات پروتئین و کروماتوگرافی تبادل یونی با کارایی بالا اشاره کرد (Cordella et al, 2003; Cabañero et al, 2006; Gallardo et al, 2010; Xiangrong et al, 2009; et al).

در پژوهش قیصری و حمیدیان شیرازی (۱۳۸۷) که به منظور بررسی کیفیت و تقلبات موجود در عسل‌های عرضه شده در شهرستان شیراز صورت گرفت، تعداد ۹۶ نمونه عسل در طی ۴ فصل در سال ۱۳۸۶ جمع‌آوری گردید و خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی آن‌ها شامل جستجوی قند تجاری، فعالیت دیاستاز، هیدروکسی متیل فورفورال، میزان قندهای احیا کننده، ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، pH، اسیدیته آزاد، رطوبت، خاکستر، هدایت الکتریکی، مواد جامد نامحلول و انحراف نور پلاریزه مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از آنالیز آماری نتایج مشخص گردید که در مجموع در ۳۱/۲۵ درصد از کل عسل‌ها تقلب صورت گرفته است.

Recondo و همکاران (۲۰۱۰) ویسکوزیته عسل خالص و محلول فوق اشباع ساکارز را در محدوده‌ی دمایی ۵- تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به نتایج و نمودارهای بدست آمده، تمام نمونه‌ها از خود رفتار نیوتنی نشان داده و ویسکوزیته آن‌ها با افزایش دما کاهش یافت. Pereira و Costa (۲۰۰۲) رفتار رئولوژیکی عسل خالص و عسل خالص مخلوط با درصد‌های مختلف عصاره نوعی صمغ^۷ را بررسی کرده و بیان کردند که تمام نمونه‌ها دارای رفتار نیوتنی بوده و با اضافه کردن عصاره صمغ به عسل خالص ویسکوزیته به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

در این تحقیق خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و رئولوژیکی عسل‌های طبیعی، شکری و کاملاً تقلبی تولید شده در شهرستان گرگان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

تعداد شش نمونه عسل شامل چهار نمونه عسل طبیعی با منشأ گیاهی مختلف شامل دو نمونه عسل تک گل (آفتابگردان و عشقه) و

7-Propolis

و اطلاعات مربوط به رفتار رئولوژیکی آن از لحاظ بهبود کیفیت محصول تولید شده، محاسبه انرژی مورد نیاز، انتخاب تجهیزات مناسب و برنامه‌ریزی فرآیند تولید محصول حائز اهمیت است (Yoo, 2012; Dobre et al., 2004). خصوصیات رئولوژیکی عسل به عوامل مختلفی از جمله ترکیب شیمیایی، دما و مقدار و اندازه کریستال‌ها وابسته است (Bhandari et al., 1999). ویسکوزیته عسل تابعی از مقدار رطوبت، دما و ترکیب شیمیایی آن می‌باشد (Juszczak and Fortuna, 2006). اغلب انواع عسل از خود رفتار نیوتنی نشان می‌دهند (Bhandari et al., 1999; Al- Malah et al., 2001; Juszczak and Fortuna, 2006; Kayacier and Karamen, 2007)، درحالی‌که تعدادی نیز رفتار غیرنیوتنی دارند. بعنوان مثال عسل‌های هیدر^۱، مانوکا^۲ و باکویت^۳ دارای رفتار تیکستروپیک^۴ بوده و در برخی از عسل‌های اگالیپتوس^۵ رفتار غالب دایلاتانسی^۶ می‌باشد (Mossel et al., 2000; Gomez-Diaz et al., 2012; Witczak et al., 2006; Al-Mahasneh et al., 2011; Juszczak and Fortuna, 2006) گزارش کردند که رفتار غیر نیوتنی برخی از عسل‌ها به علت وجود مولکول‌های بزرگ مانند پروتئین‌ها یا پلی‌ساکاریدها (دکستران) در ترکیبات‌شان می‌باشد.

شرایط آب و هوایی حاکم بر کشور ایران باعث ایجاد عسل‌های مختلف از جنبه‌های حسی، ارگانولپتیکی و فیزیکی‌شیمیایی می‌گردد. در برخی از پژوهش‌های صورت گرفته، خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی عسل‌های تولید شده در برخی از نقاط کشور مانند شهرستان گرمسار، خاش و آذربایجان مورد بررسی قرار گرفته‌اند (جاهد خانیکی و کامکار، ۱۳۸۴؛ ریگی و همکاران، ۱۳۹۰؛ سیدخویی و همکاران، ۱۳۹۰). امروزه با توجه به مدیریت غلط برخی زنبورستان‌ها از جمله فرآوری نامطلوب عسل به‌خاطر اطلاع کم در این ارتباط و با توجه به گران بودن عسل موجب سود جوئی برخی از افراد شده که در نتیجه کاهش ارزش تغذیه‌ای و کیفیت نامناسب این ماده غذایی را به دنبال داشته است، گاهی اوقات اجباراً یا عمداً عسل از تغذیه مصنوعی زنبوران با محلول آب و شکر و یا شیره انگور و توت تهیه می‌شود و گاهی به صورت صد در صد تقلبی به بازار عرضه می‌گردد. صحت و سلامت غذا اهمیت ویژه‌ای را برای مصرف کنندگان و دست اندرکاران بخش صنعت در تمامی مراحل تولید دارد (Gallardo et al, 2009). اکثر مواد غذایی مستعد تقلبی شدن عمدی می‌باشند اما آن‌دسته از مواد غذایی که تحت نوسانات وسیع آب و هوایی و شرایط برداشت تولید می‌شوند بیشتر در معرض خطر قرار دارند که در این بین نقش عسل

- 1- Heather
- 2- Manuka
- 3- Buckwheat
- 4- Thixotropic behavior
- 5- Eucalyptus
- 6- Dilatancy

نمونه شامل آب مقطر و شناساگر صورت گرفت. میزان اسیدیتته آزاد از حاصل ضرب تفاوت سود مصرفی نمونه و شاهد در عدد ۱۰ به دست آمد (AOAC, 2005).

تعیین فعالیت دیاستازی (روش کیفی):

یک محلول ۵۰ درصد عسل و آب مقطر تهیه شد، ۱۰ میلی‌لیتر از این محلول به اضافه یک میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مدت یک ساعت در حمام آبگرم ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس محلول بدست آمده را با یک میلی‌لیتر محلول ید مخلوط نموده و با نمونه شاهد که به همین ترتیب ولی بدون حرارت دادن تهیه شده بود از نظر رنگ مقایسه گردید. اگر عسل دارای فعالیت دیاستازی باشد ایجاد رنگ سبز زیتونی یا قهوه‌ای نموده و اگر عسل طبیعی نبوده و یا زیاد حرارت دیده باشد رنگ آبی تولید می‌نماید (استاندارد ملی، شماره ۹۲، ۱۳۸۶).

تعیین فعالیت دیاستازی (روش کمی)

میزان فعالیت دیاستازی بر اساس روش Schade تعیین گردید. یک محلول استاندارد نشاسته که قابلیت ارزیابی با ید را دارد به نمونه اضافه و در حمام آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. آنزیم‌های موجود در نمونه تحت شرایط استاندارد موجب هیدرولیز نشاسته می‌شود و تغییر رنگ حاصل به‌عنوان دامنه شناسایی شدت واکنش به کار می‌رود. سپس کاهش رنگ آبی در فواصل زمانی معین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (PG Instruments Ltd, T80+) استفاده از UV/VIS Spectrometer در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای تعیین زمان واکنش بر حسب دقیقه (t_x) که برای رسیدن به جذب مخصوص ۰/۲۳۵ نیاز است یک نمودار جذب بر حسب زمان بایک معادله رگرسیون به کار رفت، عدد دیاستاز از تقسیم ۳۰۰ بر t_x به دست آمد (AOAC, 2005).

تعیین وجود هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) - روش کیفی

اساس این آزمایش بر مبنای اثر رزورسینول بر HMF و ایجاد رنگ قرمز می‌باشد. ۲۰ گرم عسل در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده، ۴۰ میلی‌لیتر اتر اتیلک به آن افزوده و به آرامی به هم زده و مخلوط کرده، قسمت اتری در یک بشر کوچک وارد کرده و پس از تبخیر باقی‌مانده آن را در ۱۰ میلی‌لیتر اتر حل کرده و به ۲ میلی‌لیتر از این عصاره اتری ۲ میلی‌لیتر محلول یک درصد رزورسینول در اسید کلریدریک غلیظ اضافه شد. ظهور رنگ صورتی در قسمت اسیدی نشانه مثبت بودن نتیجه و دلیل وجود قند اینورت مصنوعی در نمونه است (استاندارد ملی، شماره ۹۲، ۱۳۸۶).

تعیین هیدروکسی متیل فورفورال - روش کمی

میزان HMF بر اساس روش اسپکتروفتومتری White تعیین

دو نمونه عسل چند گل (جنگل و کوهستان) و یک نمونه عسل شکر که از تغذیه زنبور عسل با محلول شکر تهیه شده از یکی از تولید کنندگان عسل منطقه و یک نمونه عسل کاملاً تقلیبی که از محلول آب و شکر همراه با اضافه کردن اسید و بدون دخالت زنبور تهیه شده از دست فروشان عسل تهیه گردید.

تمام نمونه‌ها از استان گلستان و منطقه گرگان تهیه شدند. عسل جنگل از منطقه جنگل توسکستان و در اواخر خرداد ماه ۱۳۹۱، عسل کوهستان از منطقه سورخان و در اواخر تیر ماه ۱۳۹۱، عسل آفتابگردان از منطقه آق‌قلا و در اوایل شهریور ماه ۱۳۹۱ و عسل عشقه از منطقه جنگل توسکستان و در اوایل آبان ماه ۱۳۹۱ برداشت شدند.

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی شامل اندازه‌گیری مقادیر رطوبت، بریکس، pH، اسیدیتته آزاد، فعالیت دیاستاز، هیدروکسی متیل فورفورال^۱، خاکستر، هدایت الکتریکی، قندهای احیا کننده (فروکتوز و گلوکز)، ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز برای تمام نمونه‌ها در سه تکرار و بر اساس روش‌ها و معیارهای کیفی عسل که توسط Codex Alimentarius Commission (۲۰۰۱)، (۲۰۰۵) Bogdanov (۲۰۰۲) AOAC^۲ و استاندارد شماره ۹۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۶) تعیین شده است صورت گرفت.

اندازه‌گیری رطوبت: برای این منظور از دستگاه رفاکتومتر (ABBE Refractometer, CETi, BELGIUM) در دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد استفاده گردید. یک قطره عسل بر روی رفاکتومتر قرار داده شد. سپس با استفاده از جدول مرجع (استاندارد شماره ۹۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) از روی اندیکس رفاکسیون به دست آمده میزان درصد رطوبت عسل محاسبه شد (AOAC, 2005).

مواد جامد (بریکس): درصد مواد جامد نیز با استفاده از دستگاه رفاکتومتر تعیین گردید (استاندارد ملی، شماره ۹۲، ۱۳۸۶).

pH و اسیدیتته آزاد: حدود ۱۰ گرم عسل از هر نمونه را در یک بشر وزن و در ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و با کمک دستگاه pH متر (Denver Instrument UltraBasic pH Meters, UB-10) میزان pH در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد، سپس هر محلول در مجاورت شناساگر فنل فتالین و با کمک pH متر تا رسیدن به pH ۸/۳ با محلول سود یک دهم نرمال تیترا گردید. آزمایش شاهد برای

1- Hydroxy Methyl Furfural (HMF)

2- Association of Official Analytical Chemists

گلوکز محاسبه شد. نسبت فروکتوز به گلوکز از تقسیم درصد فروکتوز بر درصد گلوکز به دست آمد (Bogdanov, 2002).

آزمون‌های رئولوژیکی

آماده‌سازی نمونه‌ها بر اساس روش ارائه شده در AOAC به شماره ۱۸۰، ۹۲۰ انجام گرفت. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد جهت حذف کریستال‌ها قرار داده شدند. سپس برای اطمینان از حذف کامل حباب‌های هوا، نمونه‌های حرارت دیده به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های عسل با اندازه‌گیری ویسکوزیته در محدوده سرعت برش ۱/۰۴۵ تا ۴۱/۸ بر ثانیه و در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد، مدل RVDV-II+pro با کاربرد اسپیندل شماره ۷ با قطر ۳/۱ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. یک حمام آب با سیستم کنترل دمای دیجیتال (ULA-40Y, Brookfield, Inc. USA) متصل به ویسکومتر این امکان را فراهم نمود تا دماهای مورد نیاز آزمون فراهم گردد. تمام آزمون‌ها در دو تکرار انجام شد. مقادیر مربوط به سرعت برشی و تنش برشی با استفاده از داده‌های بدست آمده از دستگاه ویسکومتر و معادلات Mitschka (1982) محاسبه گردید. منحنی‌های تنش برشی و ویسکوزیته در مقابل سرعت برشی برای هر کدام از نمونه‌ها در دماهای مورد آزمون به‌طور جداگانه رسم شدند.

به‌منظور مطالعه تأثیر دما بر ویسکوزیته، معادلات آرنیوس^۱ و VTF^۲ (معادله‌های ۱ و ۲) به کار گرفته شدند.

$$\mu = \mu_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (1)$$

که μ ویسکوزیته (Pa.s) در دمای T (کلوین)، μ_0 یک ثابت بر حسب Pa.s، E_a انرژی فعال‌سازی (kJ/mol) و R ثابت گاز (۰/۰۰۸۳۱۴۴۷۲ kJ/mol.K) می‌باشد.

$$\mu = \mu_{\infty} \cdot \exp\left(\frac{B}{T-T_0}\right) \quad (2)$$

که μ ویسکوزیته (Pa.s) در دمای T (کلوین)، μ_{∞} ویسکوزیته در دمای بی‌نهایت بر حسب Pa.s، B یک عدد ثابت بر حسب کلوین و T_0 دما در زمان آرامش که به جابجایی مولکول‌ها تا بی‌نهایت وابسته است و مقدار آن توسط Parker & Ring (۱۹۹۵) برای محلول‌های قندی ۱۸۴ کلوین گزارش شده است، می‌باشند (Recondo et al, 2006; Oroian et al, 2011).

تأثیر غلظت بر ویسکوزیته با استفاده از دو معادله توان و نمایی (معادله‌های ۳ و ۴) مورد بررسی قرار گرفت.

گردید. پس از شفاف کردن نمونه‌ها توسط معرف‌های کاریز یک و دو و افزودن بی‌سولفیت سدیم و آب مقطر به ترتیب به محلول شاهد و نمونه، جذب نوری آن‌ها در مقابل محلول شاهد در طول موج‌های ۲۸۴ و ۳۳۶ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر (PG Instruments) با HMF با UV/VIS Spectrometer Ltd, T80+ خوانده شد. میزان کم کردن میزان جذب امواج پس زمینه در طول موج ۳۳۶ نانومتر از میزان جذب در طول موج ۲۸۴ نانومتر به دست آمد (Bogdanov, 2002).

آزمون خاکستر

گرم از نمونه عسل را در بوتله چینی‌ای که قبلاً در کوره گذاشته شده و در دسیکاتور سرد شده و به وزن ثابت رسیده، توزین کرده و چند قطره روغن زیتون خالص روی آن ریخته تا در موقع سوزاندن از کف کردن زیاد و پیریدن به بیرون جلوگیری نماید. سپس به ملایمت حرارت داده شد تا کف کردن آن تمام شد و در کوره (Nabertherm GmbH, B 150, Germany) با حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد آنقدر سوزانده شد تا خاکستر سفید بدست آمد و به وزن ثابت رسید. تفاوت وزن بوتله خالی و بوتله محتوی خاکستر به وزن نمونه مورد آزمون تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا درصد مواد معدنی بدست آید (AOAC, 2005).

تعیین هدایت الکتریکی: از نمونه عسل، مقداری معادل ۲۰ گرم ماده خشک عسل در آب مقطر حل شد و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. سپس هدایت الکتریکی محلول با استفاده از سل دستگاه هدایت سنج (WTW cond 720) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خوانده شد (Bogdanov, 2002).

محتوای قند کل و قندهای احیاءکننده: بر اساس روش لین اینون تعیین گردید. منظور از قندهای احیاءکننده منوساکاریدهای فروکتوز و گلوکز و چند دی‌ساکارید کم اهمیت احیاءکننده که عمدتاً مالتوز است می‌باشد. در این روش از محلول‌های فهلینگ A و B به منظور تعیین مقدار میلی‌گرم قند اینورت لازم برای احیاء مس استفاده می‌شود (Bogdanov, 2002).

تعیین درصد ساکارز: برای محاسبه درصد ساکارز، اختلاف قندهای احیاءکننده قبل و بعد از هیدرولیز در ضریب ۰/۹۵ ضرب شد (Bogdanov, 2002).

آزمون تعیین نسبت فروکتوز به گلوکز: مقدار گلوکز با اضافه کردن محلول ۰/۱ نرمال به محلول نمونه و تیتراسیون توسط تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال و انجام آزمون شاهد با آب مقطر تعیین شد. مقدار فروکتوز نیز از اختلاف قندهای احیاءکننده قبل از هیدرولیز و مقدار

1- Arrhenius model

2- Vogel-Taumman-Fulcher model

فیزیکی‌شیمیایی و رئولوژیکی نمونه‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

$$\mu = \mu_1 C^{b_1} \quad (۴)$$

$$\mu = \mu_2 \cdot \exp(b_2 C) \quad (۵)$$

که μ_1 ، μ_2 ، b_1 و b_2 اعداد ثابت و C غلظت بر حسب درجه بریکس می‌باشند.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی

نتایج تعدادی از پارامترهای مهم فیزیکی‌شیمیایی عسل‌های مورد مطالعه در جدول ۱ فهرست شده‌اند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

بسته‌های آماری استاندارد Excel 2010، Curve Expert Professional 1.6.7 و SAS Version 9.0، به منظور انجام آنالیزهای مربوطه مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین مقادیر

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی نمونه‌های عسل

ویژگی	جنگل	کوهستان	آفتابگردان	عشقه	شکری	تقلبی
مقدار رطوبت (gr/100gr)	۱۵/۲۵ ^e ±۰/۰۰۲	۱۶/۰۸ ^c ±۰/۰۰۲	۱۹/۴۹ ^b ±۰/۰۰۱	۱۹/۹۲ ^a ±۰/۰۰۱	۱۵/۷۶ ^d ±۰/۰۰۲	۱۶/۰۸ ^c ±۰/۰۰۲
درجه بریکس	۸۲/۷ ^d ±۰/۰۰۲	۸۱/۹ ^d ±۰/۰۰۲	۷۸/۷ ^e ±۰/۰۰۱	۷۸/۲ ^f ±۰/۰۰۱	۸۲/۴ ^b ±۰/۰۰۲	۸۲/۱ ^c ±۰/۰۰۲
فعالیت دیاستاز (DN)	۱۰/۲۵ ^b ±۰/۳۱	۸/۳۸ ^d ±۰/۲۲	۹/۳۶ ^c ±۰/۰۵۶	۱۸/۶۱ ^a ±۰/۳	۸/۵ ^d ±۰/۱۵	۰
HMF (mg.kg ⁻¹)	۱۰/۶۳ ^b ±۰/۱۵	۹/۴۳ ^c ±۰/۳	۷/۷۸ ^d ±۰/۱۵	۵/۳۴ ^e ±۰/۲۳	۹/۶۳ ^c ±۰/۱۷	۳۵۰/۵۳ ^a ±۱/۲۵
pH	۳/۶۹ ^b ±۰/۰۱۵	۳/۹۱ ^a ±۰/۰۲۳	۳/۶۱ ^c ±۰/۰۱۵	۳/۵۴ ^d ±۰/۰۱۱	۳/۶ ^c ±۰/۰۴۵	۳/۱۳ ^e ±۰/۰۴
اسیدیتته آزاد (meq.kg ⁻¹)	۱۵/۱۷ ^d ±۰/۲۹	۱۸ ^e ±۰/۵	۲۸/۶۷ ^a ±۰/۵۸	۳۴/۶۷ ^b ±۰/۵۸	۱۵/۶۶ ^d ±۰/۵۸	۱۳/۵ ^e ±۰/۵
خاکستر (%)	۰/۳ ^c ±۰/۰۱	۰/۲۱ ^c ±۰/۰۰۵	۰/۴ ^a ±۰/۰۱	۰/۳ ^b ±۰/۰۰۸	۰/۰۴ ^d ±۰/۰۱	۰/۰ ^e ±۰/۰۱
هدایت الکتریکی (mS.cm ⁻¹)	۲۱۹/۱۳ ^d ±۰/۵۸	۲۷۲/۱۳ ^c ±۰	۶۹۱/۴۱ ^a ±۰/۵۸	۵۰۸/۶۸ ^b ±۱	۱۹۰/۷ ^e ±۰/۱	۱۵۶/۱۳ ^f ±۰/۰۶
قند کل (%)	۷۶/۱۱ ^b ±۰/۹۹	۷۴/۱۸ ^c ±۰/۳۷	۷۳/۱۹ ^d ±۰/۳۸	۷۲/۲۹ ^d ±۰/۵	۸۱/۷۹ ^a ±۰/۳۲	۸۱/۸۷ ^a ±۰/۲۷
قند احیاء کننده (%)	۷۳/۲۵ ^b ±۰/۷۳	۷۳/۲۵ ^b ±۰/۶۴	۶۸/۸۹ ^d ±۰/۶۷	۷۰/۴۴ ^c ±۰/۹	۷۵/۲۸ ^a ±۰/۴۹	۷۱/۲۷ ^c ±۰/۵۶
ساکارز (%)	۲/۷۱ ^d ±۰/۲۴	۰/۸۸ ^f ±۰/۳۴	۴/۰۸ ^c ±۰/۳۸	۱/۷۶ ^e ±۰/۳۵	۶/۱۸ ^b ±۰/۲۶	۱۰/۰۷ ^a ±۰/۳۲
فروکتوز (%)	۴۱/۷۳ ^a ±۰/۹۹	۳۹/۹۳ ^b ±۰/۴۷	۳۵/۲۵ ^d ±۰/۴۲	۳۸ ^e ±۰/۳	۳۵/۵۲ ^d ±۰/۳۱	۲۵/۷۷ ^c ±۰/۳۵
گلوکز (%)	۳۱/۵۳ ^d ±۱/۵۶	۳۳/۳۴ ^c ±۰/۹	۳۳/۶۴ ^c ±۱/۰۴	۳۲/۴۴ ^c ±۰/۹	۳۹/۷۵ ^b ±۰/۷۲	۴۵/۵۰ ^a ±۰/۸۸
نسبت فروکتوز/ گلوکز	۱/۳۲۶ ^a ±۰/۰۹۳	۱/۱۹۸ ^b ±۰/۰۴۴	۱/۰۴۹ ^c ±۰/۰۴۵	۱/۱۳۲ ^b ±۰/۰۳۶	۰/۸۹ ^d ±۰/۰۳۳	۰/۵۶ ^e ±۰/۰۱۹

نتایج به‌صورت مقادیر میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار حداقل در سطح $p < 0.05$ است.

رطوبت

محتوای آب عسل بستگی به فصل برداشت، درجه رسیدگی در کندو، منابع گیاهی و همچنین شرایط آب و هوایی و جغرافیایی و ترکیب عسل دارد. این پارامتر برای عمر انبارمانی عسل در طی نگهداری و همچنین برای ویژگی‌های فرآوری آن به طور قابل توجهی مهم می‌باشد (Finola et al, 2007; Kucuk et al, 2007; Omafuvbe and Akanbi, 2009). در عسل‌های تازه، محتوای آب شاخصی از درجه رسیدگی و روش نگهداری آن می‌باشد (Juszczak et al, 2009). عموماً محتوای آب عسل‌های مختلف با توجه به منشأ جغرافیایی عسل از مقدار کمینه ۱۰/۶٪ (Ajoulouni and Junzheng and) تا بیشینه ۲۹٪ (Sujirapinyokul, 2009)

Changying, 1998) فرق می‌کند. به طور کلی مقادیر بالای رطوبت در عسل موجب تخمیر، فساد، از دست دادن طعم و کاهش کیفیت عسل می‌گردد. با توجه به بررسی صورت گرفته و در نظر گرفتن استاندارد ملی ایران (حداکثر ۲۰ درصد) همگی نمونه‌ها در محدوده استاندارد قرار داشتند، لذا جهت تشخیص تقلب این فاکتور کمکی در این تحقیق به ما نکرد.

pH و اسیدیتته آزاد

pH عسل تحت تأثیر شرایط استخراج و نگهداری بوده و این تغییرات بر بافت، پایداری و زمان انبارمانی آن اثر می‌گذارد. در عسل‌های موجود در این تحقیق مقادیر pH در محدوده ۳/۱۲ تا ۳/۹۱ قرار داشتند. مقدار به‌دست آمده برای عسل تقلبی کمتر از حد استاندارد

دیاستاز در برخی نمونه‌ها در مقایسه با سایر نمونه‌ها را می‌توان به تیمار حرارتی شدید و یا مدت زمان نگهداری نسبت داد. همان‌طور که انتظار می‌رفت عسل تقلبی فاقد فعالیت آنزیم دیاستاز بود. البته باید توجه داشت که فعالیت آنزیمی به‌وسیله نگهداری و ذخیره کردن عسل و همچنین حرارت زیاد در حین استخراج تحت تأثیر قرار می‌گیرد و موجب کاهش فعالیت آنزیمی یا حتی نابودی آنزیم می‌شود. لذا نتیجه منفی آزمون دیاستاز به روش کیفی صرفاً به معنی تقلبی بودن عسل و یا حرارت بیش از حد دیدن عسل نیست بلکه می‌تواند در اثر نگهداری طولانی مدت عسل و گذشت مدت زمان طولانی از استخراج عسل نیز باشد.

محتوای هیدروکسی متیل فورفورال (HMF)

بمنظور تسهیل فرآیند و حفظ کیفیت خوب، عسل تازه عموماً حرارت داده می‌شود. اما، تیمار حرارتی بیش از اندازه، منجر به شکل‌گیری هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) شده و از کیفیت عسل می‌کاهد. HMF در عسل تازه، عملاً یا وجود ندارد و یا در مقادیر بسیار ناچیز حضور دارد، در حالی که در عسل‌های حرارت دیده، نگهداری شده در شرایط نامساعد دمایی یا مخلوط شده با شربت اینورت (تقلبی شدن) مقادیر زیادی از آن وجود دارد. HMF می‌تواند در اثر واکنش میلارد (حرارت دادن قندهای کاهنده در حضور مواد پختنی) یا از طریق آب‌گیری تحت شرایط اسیدی ایجاد گردد (Ajlouni and Sujirapinyokul, 2009). مقادیر به‌دست آمده برای نمونه‌های طبیعی و نمونه شکرکی مطابق با مقدار نام‌برده در استاندارد عسل ایران می‌باشند (بیشینه مقدار ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم). از آنجایی که در نمونه‌های طبیعی مورد آزمون هیچ نمونه‌ای وجود ندارد که هم - زمان دارای محتوای HMF بالا و دیاستاز پایین، که شاخصی از حرارت دهی عسل می‌باشند، بنابراین نگهداری عسل‌ها تحت شرایط دمایی مناسب تأیید می‌گردد. محتوای HMF عمدتاً به عنوان شاخصی از تازگی نمونه‌های عسل می‌باشد. عوامل متنوعی در شکل‌گیری HMF نقش دارند، بطوری که تیمار حرارتی عسل تنها عامل تأثیرگذار نمی‌باشد، بلکه درجه حرارت، مدت زمان حرارت‌دهی، شرایط نگهداری، ترکیب عسل، pH و منابع گیاهی و گل نیز نقش دارند (Finola et al, 2007; Ajlouni and Sujirapinyokul, 2009). میزان HMF در نمونه تقلبی ۳۵۰/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که بسیار بیشتر از مقدار مجاز تعیین شده توسط استاندارد عسل می‌باشد و قابل مقایسه با مقدار اندک هیدروکسی متیل فورفورال تولیدی در اثر حرارت دیدن قندهای عسل یا نگهداری طولانی مدت عسل نمی‌باشد. نمونه - ی عسل عشقه به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار آنزیم دیاستاز و هیدروکسی متیل فورفورال بود که می‌تواند به علت مدت زمان ماندگاری کمتر این نمونه نسبت به سایر نمونه‌ها باشد.

بود (حداقل ۳/۵)، که می‌تواند به‌علت استفاده از اسید جهت هیدرولیز ساکارز مربوط باشد. البته مقدار پایین‌تر از حد استاندارد در عسل‌های طبیعی نیز می‌تواند به دلیل برداشت زودتر از موعد عسل از کندو باشد که در این هنگام به علت بالاتر بودن میزان رطوبت ممکن است عسل دچار تخمیر اسیدی گشته و برمیزان اسیدیته آن افزوده و در نهایت با نزول pH همراه است (Ajlouni and Sujirapinyokul, 2009). Bathand Singh (۱۹۹۹) بیان کردند که حرارت دادن عسل می‌تواند منجر به افزایش در اسیدیته کلی، اسیدیته آزاد و میزان لاکتون و کاهش pH گردد.

اسیدیته عسل به‌علت حضور اسیدهای آلی، عمدتاً اسیدگلوکونیک، اسیدپیرویک، اسید مالئیک و اسیدستریک در تعادل با لاکتون‌های متناظر یا استرهای داخلی خود، و یون‌های غیرآلی مانند فسفات، سولفات و کلرید می‌باشد. اسیدیته لاکتون به عنوان شاخص اسیدیته ذخیره است زمانیکه عسل به‌صورت قلبایی درمی‌آید در حالیکه اسیدیته کل شامل مجموع اسیدیته‌های آزاد و لاکتونی می‌باشد (Finola et al, 2009; Silva et al, 2007). مقادیر اسیدیته آزاد به‌دست آمده نمونه‌های عسل در محدوده ۱۳/۵ تا ۳۸/۶۷ میلی‌اکی والان در کیلوگرم قرار داشتند که در تمامی نمونه‌ها کمتر از حداکثر مجاز (۴۰ میلی‌اکی والان در کیلوگرم) بود. مقادیر قابل قبول اسیدیته گویای فقدان تخمیر نامطلوب در نمونه‌ها می‌باشد (Silva et al, 2009). در کل عسل صرف نظر از منشأ جغرافیایی متنوع خود، دارای یک طبیعت اسیدی می‌باشد (Saxena et al, 2010). ناپایداری مشاهده شده در اسیدیته انواع عسل طبیعی، به اختلافات مربوط به فصل برداشت و منشأ گیاهی عسل نسبت داده می‌شود (Perez- Arquillué et al, 1994). pH عسل مستقیماً به اسیدیته آزاد آن مربوط نمی‌باشد که این به‌خاطر عمل بافری اسیدهای مختلف و مواد معدنی موجود است (Nanda et al, 2003).

محتوای دیاستاز

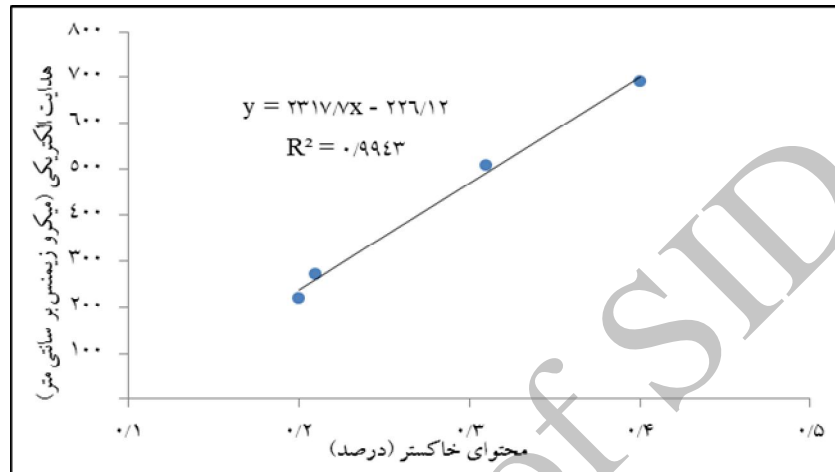
فعالیت دیاستاز شاخص تعیین اعمال یا عدم اعمال فرآیند حرارتی در عسل است. این آنزیم حساس به حرارت‌دهی و شرایط نگهداری می‌باشد (Silva et al, 2009). فعالیت آمیلاز معمولاً به صورت عدد دیاستاز (DN) بیان می‌گردد. نماد DN، به‌صورت واحدگوتته نیز شناخته شده است. یک واحدگوتته معادل تعداد میلی‌لیتر محلول یک درصد نشاسته است که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت یک ساعت توسط آنزیم آمیلاز در یک گرم عسل هیدرولیز می‌شود (Bogdanov, 2002). فعالیت دیاستاز نمونه‌های عسل طبیعی در دامنه ۸/۳۸ تا ۱۸/۶۱ قرار دارند که همگی در محدوده تعیین شده توسط استاندارد عسل ایران می‌باشند. بنا بر گزارش سایر پژوهشگران نوع گیاه مورد استفاده توسط زنبور عسل بر میزان محتوای دیاستاز عسل به‌طور قابل توجه تأثیر دارد (Kucuk et al, 2007). همچنین مقادیر پایین عدد

محتوای خاکستر

محتوای خاکستر عسل پارامتری می‌باشد که برای تعیین منشأ گیاهی (گل، مخلوط یا عسلک) آن بکار می‌رود (Saxena et al, 2010). محتوای خاکستر نمونه‌ها از ۰/۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم برای عسل تقلبی تا ۰/۴ برای عسل آفتابگردان متغیر بود. تمامی این مقادیر در محدوده استاندارد عسل ایران قرار دارند (بیشینه ۰/۶)، که نشان‌گر روشنی نمونه‌های عسل و فقدان تقلب احتمالی ناشی از ملاس می‌باشد (Silva et al, 2009). کمترین میزان خاکستر در نمونه

تقلبی و به دنبال آن در نمونه شکری مشاهده شد.

اختلافات موجود در محتوای مواد معدنی عسل عموماً بستگی به خاکی دارد که گیاه تولید کننده شهد در آن مستقر شده است (Ahmed et al, 2007; Omafuvbe and Akanbi, 2009). همچنین تنوع در محتوای خاکستر عسل‌ها را می‌توان به فرآیندهای برداشت، تکنیک‌های زنبورداری و مواد جمع‌آوری شده توسط زنبورها در طی جستجوی شهد نسبت داد (Finola et al, 2007).



شکل ۱- رابطه خطی بین هدایت الکتریکی و محتوای خاکستر در نمونه‌های عسل طبیعی

هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی عسل به طور نسبتاً زیادی مربوط به غلظت نمک‌های معدنی (خاکستر کل)، اسیدهای آلی و پروتئین‌ها می‌باشد. این پارامتر بر اساس نوع منشأ گل، بسیار تغییر پذیر بوده و در تمایز عسل‌های با منشأ گل‌های متفاوت مهم می‌باشد (Terrab et al, 2004; Juszczak et al, 2009). نتایج به دست آمده برای نمونه‌های عسل مورد مطالعه در محدوده تعیین شده توسط استاندارد عسل ایران قرار داشتند. قابل ذکر است که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی برای عسل که دارای بیشترین اسیدیته آزاد می‌باشد، به دست آمد. افزایش محتوای خاکستر در نمونه‌های عسل همراه با افزایش هدایت الکتریکی می‌باشد (Silva et al, 2009). رابطه خطی هدایت الکتریکی با خاکستر در نمونه‌های عسل طبیعی از ضریب تبیین ۰/۹۹۴۳ برخوردار است (شکل ۱). وجود چنین وابستگی بسیار نزدیک بین هدایت الکتریکی و محتوای خاکستر توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Juszczak et al, 2009; Silva et al, 2009; Saxena et al, 2010).

قند کل حاوی تمام قندها بوده و در محدوده ۷۲/۲۹ تا ۸۱/۸۷ گرم در ۱۰۰ گرم تعیین شد. بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه عسل تقلبی و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه عشقه می‌باشد.

داده‌های جدول حاکی از آن است که بیشترین قندهای محلول در نمونه‌های عسل شامل قندهای احیاء کننده می‌باشند. قندهای احیاء کننده که عمدتاً شامل گلوکز و فروکتوز می‌باشند، اجزای عمده و اصلی تشکیل دهنده عسل می‌باشند (Kucuk et al, 2007). در این تحقیق بیشترین مقدار قند احیاء کننده مربوط به نمونه عسل شکری و کمترین مقدار مربوط به نمونه عسل آفتابگردان بود. مقادیر به دست آمده برای قند احیاء کننده با مقادیر استاندارد عسل ایران که کمینه آن را ۶۵ گرم در ۱۰۰ گرم تعیین کرده است، مطابقت دارند.

محتوای ساکارز به دست آمده برای نمونه‌های شکری و تقلبی بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط استاندارد (بیشینه ۵) بود. ساکارز و قند اینورت پارامترهای مهمی برای تفکیک نمونه‌های عسل از یکدیگر می‌باشند. ترکیبات متفاوت قندها در نمونه‌های عسل طبیعی به ترکیبات شیمیایی متفاوت دانه‌های گرده، گیاهان و گل‌هایی که توسط زنبور عسل استفاده گردیده است، نسبت داده می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود در مواردی که تغذیه زنبور با ساکارز و مشتقات آن صورت گیرد، نمونه‌های عسل دارای میزان ساکارز بیشتر و رطوبت

محتوای قند کل و قند احیاء کننده، محتوای ساکارز، گلوکز و

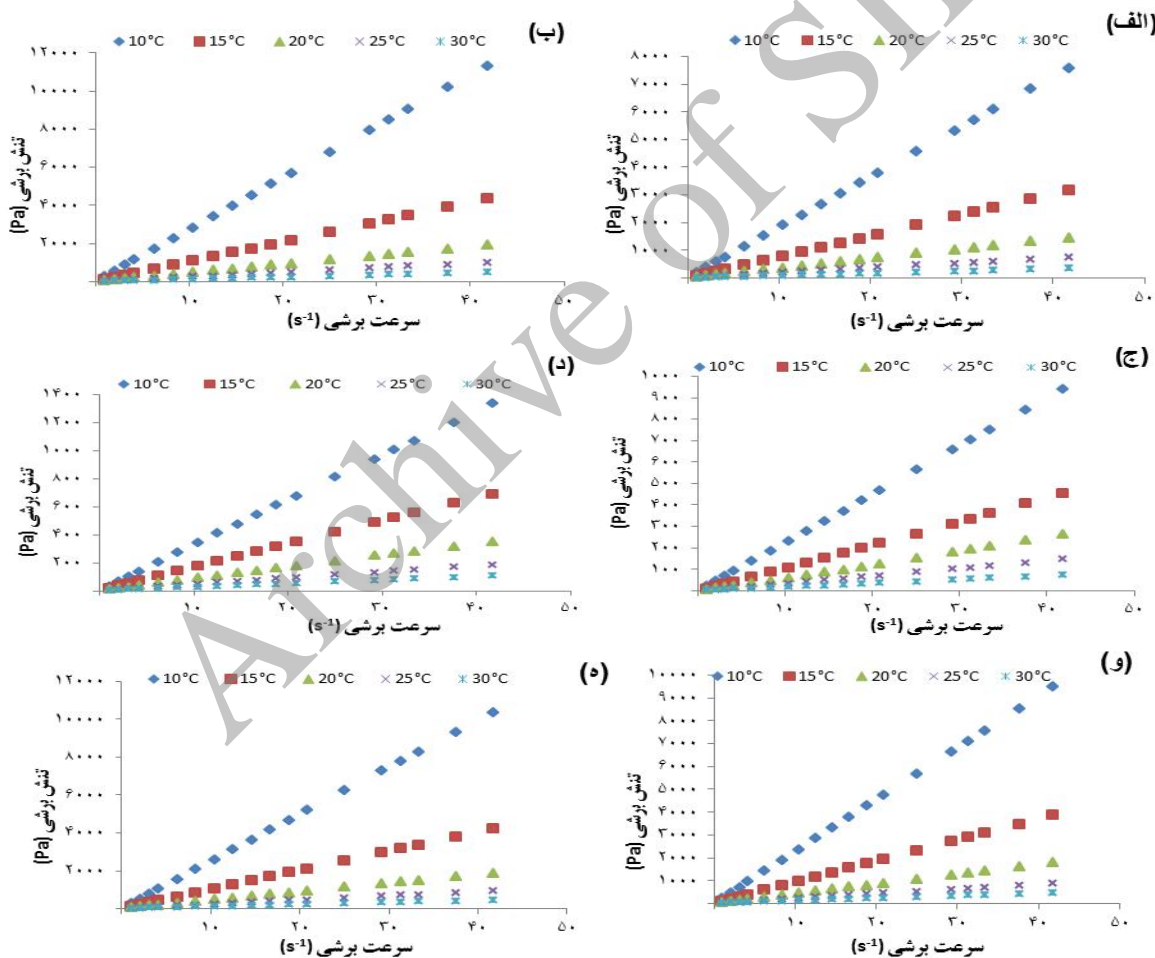
فروکتوز و نسبت فروکتوز به گلوکز

مقادیر بدست آمده برای قندهای عسل در جدول ۱ آورده شده‌اند.

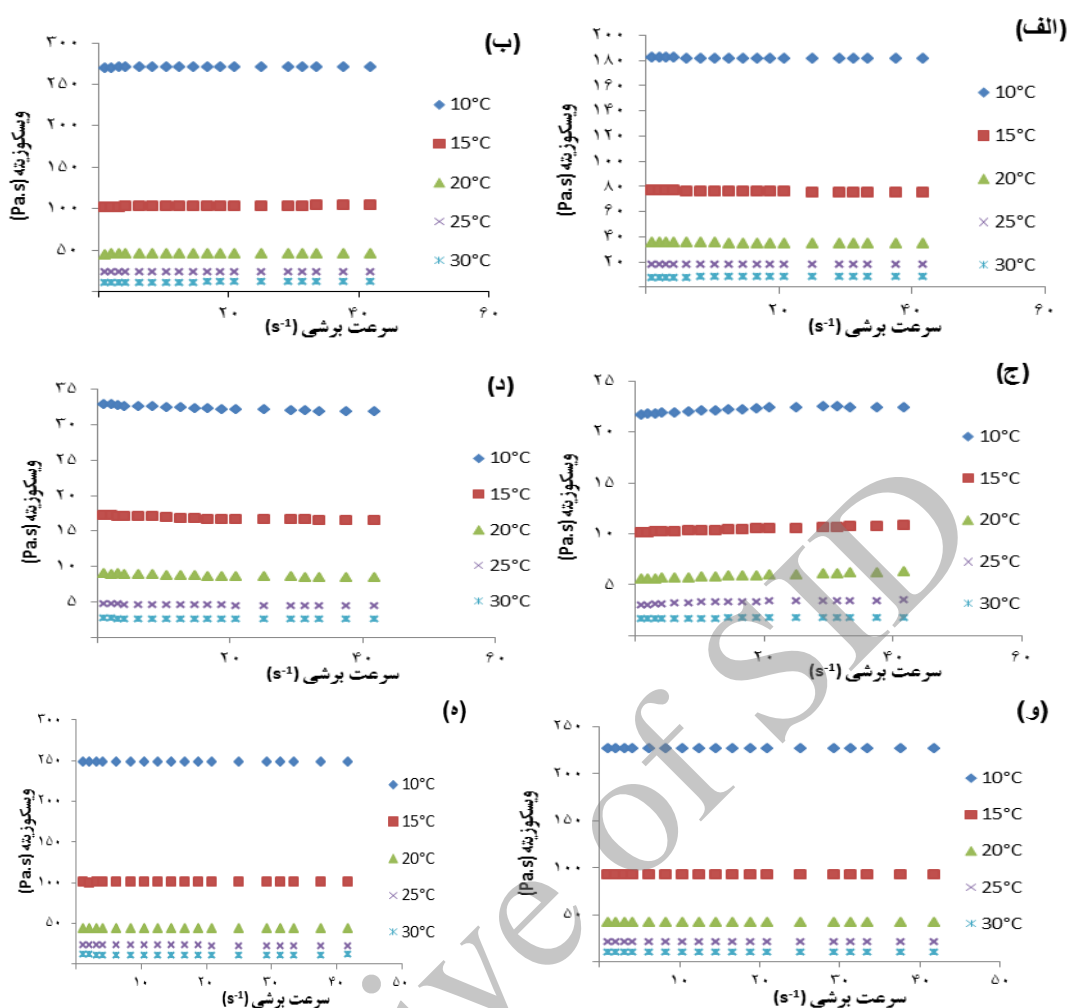
شده است (Saxena *et al*, 2010).

نتایج نسبت فروکتوز به گلوکز در محدوده ۰/۵۶ تا ۱/۳۲۶ بدست آمد، که تمام نمونه‌های طبیعی با رقم گزارش شده توسط استاندارد عسل ایران که کمینه آن ۰/۹ تعیین شده، مطابقت دارند، اما در مورد نمونه عسل شکر و عسل تقلبی این مقدار پایین‌تر از مقدار گزارش شده توسط استاندارد است و مشاهده می‌شود که نسبت فروکتوز به گلوکز در نمونه تقلبی نسبت به نمونه‌های طبیعی بسیار کمتر است. عسل با نسبت بالای فروکتوز به گلوکز به دلیل تغییر حالت اشباع گلوکز، برای مدت زمان‌های طولانی‌تری مایع باقی می‌ماند. نسبت واقعی فروکتوز به گلوکز در هر عسل خاص، به مقدار قابل توجهی به منبع شهد بستگی دارد. نسبت فروکتوز به گلوکز همچنین می‌تواند بر طعم عسل نقش داشته باشد زیرا فروکتوز شیرین‌تر از گلوکز می‌باشد (Finola *et al*, 2007; Ajlouni and Sujirapinyokul, 2009).

کمتر نسبت به عسل طبیعی هستند. در مطالعه Güler و همکاران (۲۰۰۷) عسلی که توسط تغذیه‌ی بیش از حد باشیره شکر (ساکارز) تولید شد حاوی مقادیر ساکارز کمتری از حداکثر مجاز استاندارد بود. آن‌ها توضیح دادند که ۹۵ درصد ساکارز در دسترس، توسط آنزیم اینورتاز تولیدی زنبورهای کارگر به گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌گردد. این نتیجه اشاره بر این دارد که ساکارز شاخص قابل اعتمادی برای تشخیص عسل خالص از عسل تولید شده توسط تغذیه زنبور با شیریه شکر نیست. به طور کلی محتوای ساکارز بالاتر را می‌توان به تغذیه‌دهی بیش از حد زنبورهای عسل با شربت ساکارز، تقلبی شدن، و یا برداشت زودتر از موعد عسل که در آن ساکارز هنوز به طور کامل به گلوکز و فروکتوز تبدیل نشده است، نسبت داد (Kucuk *et al*, 2007). تعدادی از عسل‌های با منشأ گل یکسان مانند بانکسیا، مرکبات، هدیسااروم، مدیکاگوو روبینیا حاوی تا ۱۰ درصد ساکارز می‌باشند، درحالی‌که تا ۱۵ درصد ساکارز برای عسل‌های لاواندولا گزارش



شکل ۲- منحنی تنش برشی در مقابل سرعت برشی نمونه‌های عسل در دماهای مختلف: الف: کوهستان، ب: جنگل، ج: عشقه، د: آفتابگردان، و: تقلبی، ه: شکری



شکل ۳- منحنی ویسکوزیته در مقابل سرعت برشی نمونه‌های عسل در دماهای مختلف: الف: کوهستان، ب: جنگل، ج: عشقه، د: آفتابگردان، و: تقلبی، ه: شکری

رفتار رئولوژیکی

شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب منحنی‌های تنش برشی و ویسکوزیته را در مقابل سرعت برشی برای هر کدام از نمونه‌ها به‌طور جداگانه در دماهای مورد آزمون نشان می‌دهند. برای تمام نمونه‌ها رابطه خطی بین تنش برشی و سرعت برشی به‌دست آمد و مشاهده می‌شود که مقادیر ویسکوزیته با افزایش سرعت برش تغییر نکرد و تقریباً ثابت باقی می‌ماند. نتایج فوق حاکی از رفتار نیوتنی تمام نمونه‌ها اعم از طبیعی، شکری و تقلبی می‌باشند.

در اکثر مقالات منتشر شده، که محققان کارهای مشابهی را بر روی عسل در کشورهای مختلف مانند چین، استرالیا، یونان، کره و رومانی انجام دادند، آن را به‌عنوان یک سیال نیوتنی گزارش کردند (Junzheng and Changying, 1998; Bhandari et al, 1999; Lazaridou et al, 2004; Oh and Yoo, 2011; Dobre et al, 2012).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویسکوزیته در دماهای مورد آزمون در جدول ۲ مشاهده می‌شود. ویسکوزیته عسل به عوامل مختلفی از جمله میزان رطوبت، دما و ترکیبات موجود در آن بستگی دارد. همانطور که انتظار می‌رفت ویسکوزیته با افزایش محتوای آب و دما به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. شکل ۴ تاثیر دما بر ویسکوزیته نمونه‌های عسل مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ویسکوزیته با افزایش دما به مقدار قابل توجهی کاهش یافت. در واقع عسل یک سیال نیوتنی می‌باشد و ویسکوزیته آن بسیار حساس به دما است (Sopade et al, 2002; Recondo et al, 2006). با توجه به شکل، بیشترین اختلاف در مقادیر ویسکوزیته نمونه‌ها در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود در حالی که در دماهای بالاتر این اختلاف کم‌رنگ‌تر می‌شود. این مشاهدات توسط سایر پژوهشگران نیز مشاهده شده است (Juszczak and Fortuna, 2006; Yanniotis et al, 2006) و همکاران (۱۹۹۹)

می‌باشند. با توجه به اینکه دو نمونه عسل کوهستان و تقلبی هر دو حاوی مقادیر رطوبت یکسان بودند، اما در تمام دماها مقدار ویسکوزیته نمونه تقلبی بیشتر از ویسکوزیته نمونه عسل کوهستان بود، این نتیجه نشان می‌دهد که ویسکوزیته عسل علاوه بر دما و رطوبت به ترکیبات موجود در آن مانند درصد ساکارز نیز بستگی دارد. در این مطالعه یک رابطه خطی با ضریب تبیین ۰/۹۹۰۶ بین ویسکوزیته و غلظت در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای نمونه‌های عسل مورد آزمایش به‌دست آمد (شکل ۵). با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که غلظت (مقدار مواد جامد محلول) یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر ویسکوزیته می‌باشد.

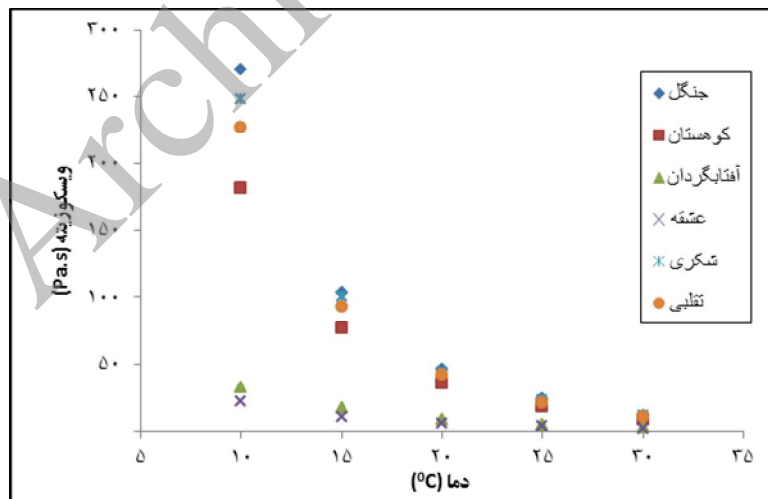
بیان کردند که تأثیر دما بر ویسکوزیته نمونه‌های عسل در دماهای پایین‌تر (کم‌تر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد) بیشتر است و حرارت دادن در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر خیلی کمتری بر ویسکوزیته می‌گذارد. به‌طور کلی افزایش دما باعث افزایش میانگین سرعت مولکول‌ها و کاهش مدت زمان تماس مولکول‌های مجاور می‌شود، که در نتیجه آن میانگین نیروهای بین مولکولی کمتر شده و ویسکوزیته کاهش می‌یابد (Oroian et al, 2011).

با توجه به داده‌های ذکر شده در جدول مشاهده می‌شود که مقدار ویسکوزیته نمونه‌های شکر و تقلبی با توجه به مقدار رطوبت و دمای مورد آزمون نسبت به ویسکوزیته نمونه‌های طبیعی بیشتر

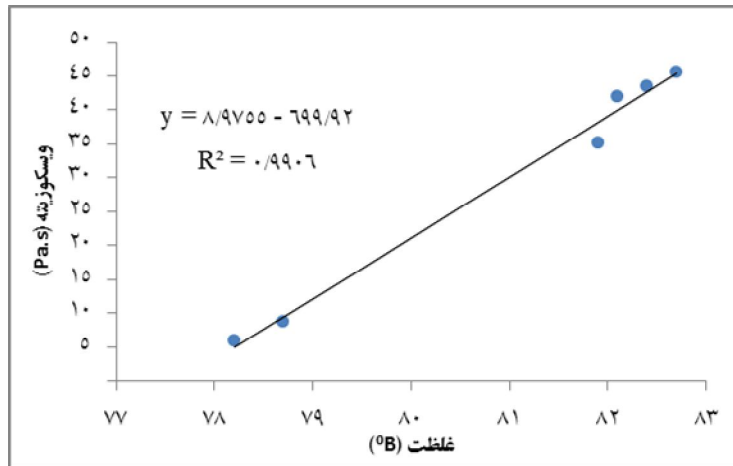
جدول ۲- محتوای رطوبت و ویسکوزیته نمونه‌های عسل در دماهای مختلف

نمونه	ویسکوزیته (Pa.s)				
	۳۰°C	۲۵°C	۲۰°C	۱۵°C	۱۰°C
جنگل	۱۱/۱۳ ^{Ea} ±۰/۱۳	۲۳/۵۲ ^{Da} ±۰/۱۷	۴۵/۵۰ ^{Ca} ±۰/۲۵	۱۰۳/۰۵ ^{Ba} ±۰/۵۲	۲۷۰/۴۸ ^{Aa} ±۰/۴۵
کوهستان	۷/۹۵ ^{Ed} ±۰/۰۷	۱۸/۰۷ ^{Dd} ±۰/۲۱	۳۵/۱۰ ^{Cd} ±۰/۱۳	۷۵/۹۹ ^{Bd} ±۰/۵۴	۱۸۱/۷۵ ^{Ad} ±۰/۲۱
آفتابگردان	۲/۵۵ ^{Ec} ±۰/۰۴	۴/۵۲ ^{Dc} ±۰/۰۸	۸/۶۹ ^{Cc} ±۰/۲	۱۶/۸۰ ^{Bc} ±۰/۲۴	۳۲/۳۵ ^{Ac} ±۰/۳۴
عشقه	۱/۷۰ ^{Ef} ±۰/۰۱	۳/۲۸ ^{Df} ±۰/۱۴	۵/۸۷ ^{Cf} ±۰/۲۳	۱۰/۴۳ ^{Bf} ±۰/۲۱	۲۲/۱۴ ^{Af} ±۰/۲۷
شکری	۱۰/۸۴ ^{Eb} ±۰/۱۱	۲۲/۴۵ ^{Db} ±۰/۲۸	۴۳/۵۱ ^{Cb} ±۰/۲	۱۰۰/۶۳ ^{Bb} ±۰/۳۲	۳۴۸/۲ ^{Ab} ±۰/۳۱
تقلبی	۱۰/۲ ^{Ec} ±۰/۱۳	۲۰/۸۸ ^{Dc} ±۰/۱۸	۴۱/۸۹ ^{Cc} ±۰/۲۴	۹۲/۳۶ ^{Bc} ±۰/۰۶	۲۲۶/۷۵ ^{Ac} ±۰/۰۷

نتایج به صورت مقادیر میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در هر ردیف حداقل در سطح $p < 0.05$ می‌باشد.



شکل ۴- داده‌های ویسکوزیته نمونه‌ها در برابر دما

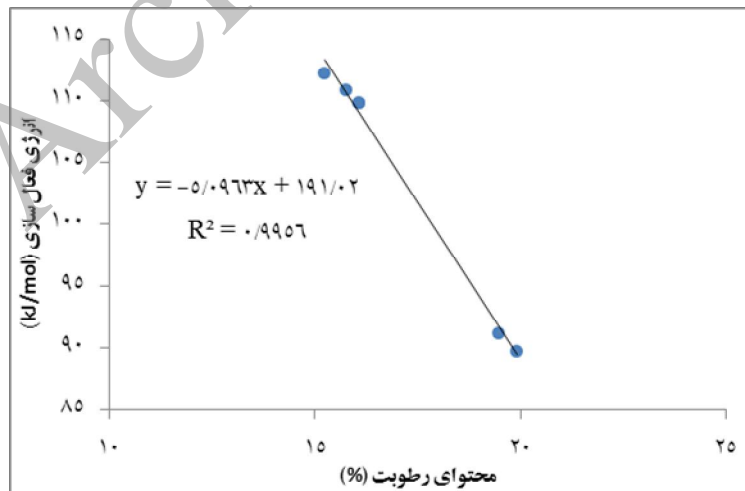


شکل ۵- رابطه خطی بین غلظت و ویسکوزیته

معنای حساسیت نسبتاً بیشتر ویسکوزیته به تغییرات دمایی می‌باشد (Lazaridou *et al*, 2004). در میان نمونه‌های مورد بررسی در این تحقیق، ویسکوزیته نمونه عسل عشقه کمترین حساسیت و ویسکوزیته نمونه عسل جنگل بیشترین حساسیت به تغییرات دمایی را نشان دادند. در واقع بیشترین و کمترین انرژی فعال‌سازی به ترتیب برای نمونه عسل جنگل با کمترین مقدار رطوبت و نمونه عسل عشقه با بیشترین مقدار رطوبت به دست آمد. این نتایج یک رابطه معکوس را بین مقدار رطوبت و انرژی فعال‌سازی (حساسیت ویسکوزیته به تغییرات دمایی) نشان می‌دهد (شکل ۶).

مقادیر R^2 مدل آرنیوس برای تمام نمونه‌ها بیشتر از ۰/۹۹ بدست آمد که نشان‌دهنده مناسب بودن معادله آرنیوس جهت توصیف وابستگی ویسکوزیته به دما می‌باشد.

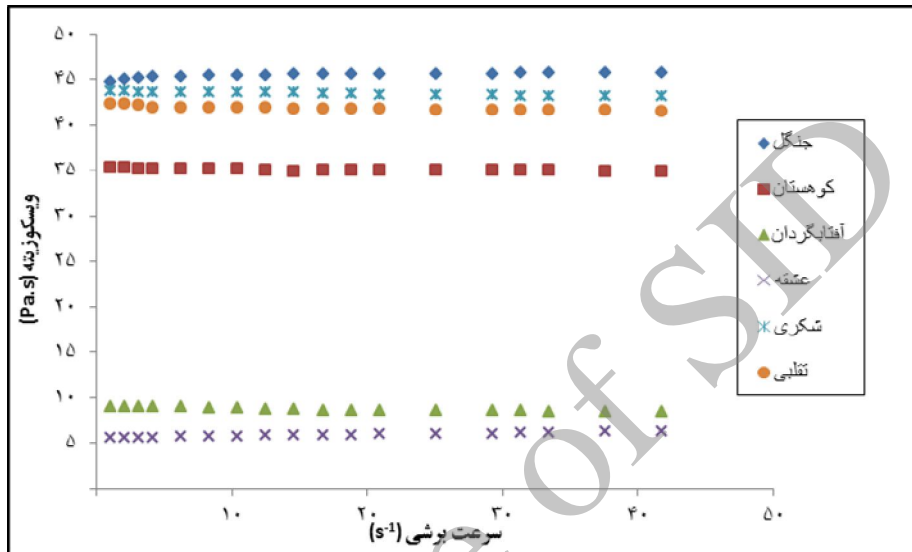
وابستگی دمایی ویسکوزیته با استفاده از روابط آرنیوس و VTF توصیف شده و مقادیر پارامترهای روابط به کار برده شده در جدول شماره ۳ آورده شده‌است. ضریب تبیین (R^2) تمامی نمونه‌ها بیشتر از ۰/۹۹ بدست آمد. وابستگی دمایی ویسکوزیته با استفاده از معادله آرنیوس توسط تعدادی از محققان نیز مطالعه شده است (Mossel *et al*, 2000; Yanniotis *et al*, 2006; Al-Mahasneh *et al*, 2012). معادله VTF نیز در کارهای علمی برخی محققین گزارش شده است (Sopade *et al*, 2002; Recondo *et al*, 2006). مقادیر انرژی فعال‌سازی (E_a) برای جریان با استفاده از شیب منحنی خطی $\ln(\mu)$ در برابر $(1/T)$ تخمین زده شد. این مقادیر در جدول ۳ نشان داده شده‌است و همانطور که مشاهده می‌شود در محدوده ۸۹/۷۱۶ تا ۱۱۲/۱۸۹ بدست آمدند. انرژی فعال‌سازی بازتابی از حساسیت ویسکوزیته به تغییرات دمایی می‌باشد، انرژی‌های فعال‌سازی بالاتر به



شکل ۶- رابطه بین محتوای رطوبت و انرژی فعال‌سازی

جدول ۳- مقادیر پارامترهای مدل‌های به کار برده شده در وابستگی دمایی ویسکوزیته

نمونه	مدل آرنیوس			مدل VTF		
	R^2	E_a (kJ/mol)	μ_0 (Pa.s)	R^2	B (K)	μ_∞ (Pa.s)
جنگل	۰/۹۹۷۱	۱۱۲/۱۸۹	$۴/۹۱ \times 10^{-۱۹}$	۰/۹۹۹۰	۱۸۵۵/۴	$۱/۹۰۸ \times 10^{-۶}$
کوهستان	۰/۹۹۸۷	۱۰۹/۷۴۵	$۹/۸۱ \times 10^{-۱۹}$	۰/۹۹۷۹	۱۸۱۲/۵	$۲/۰۷۳ \times 10^{-۶}$
آفتابگردان	۰/۹۹۹۸	۹۱/۱۸۸	$۴/۷۹۹ \times 10^{-۱۶}$	۰/۹۹۸۷	۱۵۰۵/۸	$۸/۳۶۳ \times 10^{-۶}$
عشقه	۰/۹۹۹۸	۸۹/۷۱۶	$۵/۹۲ \times 10^{-۱۶}$	۰/۹۹۷۷	۱۴۸۱/۸	$۷/۰۳۷ \times 10^{-۶}$
شکری	۰/۹۹۸۱	۱۱۰/۷۷۶	$۸/۳۹۳ \times 10^{-۱۹}$	۰/۹۹۹۵	۱۸۳۱/۶	$۲/۲۷ \times 10^{-۶}$
تقلبی	۰/۹۹۸۸	۱۰۹/۷۲۸	$۱/۲۰۴ \times 10^{-۱۸}$	۰/۹۹۹۸	۱۸۱۳/۸	$۲/۴۹۴ \times 10^{-۶}$



شکل ۷- داده‌های ویسکوزیته نمونه‌های عسل در مقابل سرعت برش در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

نشان دادند. علاوه بر دما، مقدار رطوبت عامل تأثیرگذار دیگر بر ویسکوزیته می‌باشد. برای نمونه منحنی ویسکوزیته همه نمونه‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در شکل ۷ رسم شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار رطوبت میزان ویسکوزیته کاهش می‌یابد. این امر به دلیل تأثیر پلاستیسیته و رقیق‌سازی آب در فرآورده‌های غذایی است که باعث کاهش اصطکاک بین مولکولی می‌شود. نتایج مشابه در کارهای علمی محققین دیگر نیز گزارش شده است (Junzheng and Changying, 1998; Gomez-Díaz et al, 2006). از دو مدل قانون توان و مدل نمایی جهت توصیف وابستگی ویسکوزیته به غلظت (درجه بریکس) استفاده شد. منحنی‌های ویسکوزیته در مقابل غلظت و لگاریتم ویسکوزیته در مقابل غلظت به ترتیب برای مدل قانون توان و مدل نمایی رسم شد و ثابت‌های دو مدل با استفاده از آنالیز رگرسیون تعیین شدند (جدول ۴). مقادیر R^2 برای دو مدل برای تمام نمونه‌ها بیشتر از ۰/۹۸ به دست آمد. بنابراین دو مدل ذکر شده جهت توصیف وابستگی ویسکوزیته به غلظت مناسب می‌باشند.

برای مدل VTF منحنی خطی $\ln(\mu)$ در مقابل $(1/T-T_0)$ ترسیم شد. مقادیر ثابت B در محدوده ۱۴۸۱/۸ تا ۱۸۵۵/۴ قرار داشتند. با افزایش مقدار رطوبت، مقدار ثابت B کاهش یافت Recondo و همکاران (۲۰۰۶) و Oroian و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر مشابهی را به ترتیب ۱۵۳۵ کلوین برای عسل آرژانتین و ۱۵۹۵ تا ۱۹۵۴ برای عسل‌های اسپانیا گزارش کردند اما Sopade و همکاران (۲۰۰۲)، مقادیر ۱۲/۹-۴/۵ را برای عسل‌های اسپانیا گزارش کردند. وجود چنین اختلاف بزرگی بین مقادیر حاصل از پژوهش‌های این محققین مربوط به استفاده از T_g (دمای گذار شیشه‌ای) در کار علمی Sopade و همکاران و استفاده از یک دمای ثابت دیگر (۱۸۴ کلوین) به جای T_g در گروه دیگر می‌باشد.

مقادیر R^2 به دست آمده برای نمونه‌ها بیان‌گر این واقعیت است که مدل VTF، نیز مدل مناسبی جهت توصیف وابستگی ویسکوزیته به دما است. مقایسه بین دو مدل آرنیوس و VTF نشان می‌دهد که نمونه‌های عسل جنگل، شکری و تقلبی با مدل VTF و نمونه‌های عسل کوهستان، عشقه و آفتابگردان با مدل آرنیوس تطابق بهتری

1- The glass transition temperature

جدول ۴- مقادیر پارامترهای مدل‌های به کار برده شده در وابستگی ویسکوزیته به غلظت

مدل نمایی			مدل قانون توان			دما (°C)
R ²	b ₂ (Brix ⁻¹)	μ ₂ (Pa.s)	R ²	b ₁	μ ₁ (Pa.s)	
۰/۹۹۷۱	۰/۵۶۱	۲/۰۶۶×۱۰ ^{-۱۸}	۰/۹۹۷۳	۴۵/۰۹۵	۱×۱۰ ^{-۸۴}	۱۰
۰/۹۹۱۴	۰/۵۰۷۹	۶/۵۹×۱۰ ^{-۱۷}	۰/۹۹۲	۴۰/۸۳	۶×۱۰ ^{-۷۷}	۱۵
۰/۹۹۲۴	۰/۴۵۷۷	۱/۸۲×۱۰ ^{-۱۵}	۰/۹۹۳	۳۶/۷۹۹	۱×۱۰ ^{-۶۹}	۲۰
۰/۹۹۶	۰/۴۴۳۸	۲/۹۳×۱۰ ^{-۱۵}	۰/۹۹۵۹	۳۵/۶۱۸	۱×۱۰ ^{-۶۷}	۲۵
۰/۹۸۸۴	۰/۴۱۰۷	۲/۱۱۷×۱۰ ^{-۱۴}	۰/۹۸۸۸	۳۳/۰۱۲	۶×۱۰ ^{-۶۳}	۳۰

نتیجه‌گیری

بین مقادیر ویسکوزیته با توجه به نوع عسل و دمای آزمون تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. بیشترین مقدار ویسکوزیته برای نمونه‌ی عسل حاوی کمترین مقدار رطوبت در پایین‌ترین دما به دست آمد. در واقع با افزایش دما و مقدار رطوبت نمونه‌ها، ویسکوزیته به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. مقایسه دو نمونه‌ی عسل تقلبی و نمونه‌ی عسل کوهستان که هر دو دارای مقدار رطوبت یکسان بودند نشان داد که در دمای ثابت، نمونه‌ی عسل تقلبی از مقدار ویسکوزیته بیشتری نسبت به نمونه‌ی عسل جنگل برخوردار می‌باشد که علت آن می‌تواند مربوط به تفاوتی که در غلظت، ترکیبات و مقدار قندهای آن‌ها مشاهده می‌شود، باشد. در توصیف وابستگی دمایی ویسکوزیته دو مدل آرنیوس و VTF و در توصیف وابستگی ویسکوزیته به رطوبت و غلظت (درجه بریکس)، مدل‌های قانون توان و نمایی برازش خوبی را با داده‌ها نشان دادند.

در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در چهار نمونه عسل طبیعی با مقادیر تدوین شده توسط استاندارد ایران و سازمان کدکس مطابقت داشتند اما اختلاف معنی‌دار در بین نمونه‌ها مشاهده شد. در نمونه عسل شکری مقادیر ساکارز و نسبت فروکتوز به گلوکز و در عسل کاملاً تقلبی مقادیر ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز، pH، هیدروکسی متیل فورفورال و فعالیت دیاستاز با مقادیر تدوین شده توسط استاندارد مطابقت نداشتند. بنابراین برای تشخیص عسل تقلبی از عسل خالص، انجام آزمون‌های ساکارز، تعیین نسبت فروکتوز به گلوکز، فعالیت دیاستاز و هیدروکسی متیل فورفورال ضروری است. در بررسی رفتار رئولوژیکی، تمام نمونه‌ها در مقادیر سرعت برشی مورد مطالعه (۱/۰۴۵-۴/۱/۸ s⁻¹) از خود رفتار نیوتنی نشان دادند و ویسکوزیته آن‌ها با افزایش سرعت برشی تغییر نکرد. در

منابع

- Ahmed, J., Prabhu, S.T., Raghavan, G.S.V., and Ngadi, M. (2007). Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. *Journal of Food Engineering*, 79, 1207-1213.
- Ajlouni, S. and Sujirapinyokul, P. (2009). Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry*, 119, 1000-1005.
- Al-Malah, K. I. M., Abu-Jdayil, B., Zaitoun, S. and Ghzawi, A.M. (2001). Application of WLF and Arrhenius kinetics to rheology of selected dark-colored honey. *Journal of Food Process Engineering*, 24, 341-357.
- Al-Mahasneh, M. A., Rababah, T. M., Amer, M. and Al-Omouh, M. (2012). Modeling Physical and Rheological Behavior of Minimally Processed Wild Flowers Honey. *Journal of Food Processing and Preservation*, ISSN 1745-4549.
- AOAC (2000). Official methods of analysis. In K. Helrich (Ed.) (16th ed.). Arlington, VA, USA: Association of official Analytical Chemists, Inc.
- Bath, P. K. and Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67, 389-397.
- Bhandari, B., D'Arcy, B. and Chow, S. (1999). Rheology of selected Australian honeys. *Journal of Food Engineering*, 41, 65-68.
- Bogdanov, S. (2002). International Honey Commission. *Harmonized methods of the international honey commission*. Liebefeld, Switzerland: Swiss Bee Research Center.
- Bogdanov, S. (2009). "The Book of Honey". Bee Product Science, [on line]. <http://www.beehexagon.net>.
- Codex Alimentarius Commission Standards (2001). CODEX STAN 12-1981, Rev.1 (1987), Rev.2.
- Dobre, I., Georgescu, L.A., Alexe, P., Escuredo, O. and Seijo, M. C. (2012). Rheological behavior of different honey types from Romania. *Food Research International*, 49, 126-132.
- Cordella, C., Faucon, J. P., Cabrol-Bass, D. and Sbirrazzouli, N. (2003). Application of DSC as a tool for honey floral species characterization and adulteration detection. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 71, 279-290.

- Finola, M. S., Lasagno, M. C. and Marioli, J. M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, 100, 1649–1653.
- Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Zuñiga-de Loa, M. and Rivera-Espinoza, Y. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. *Food Research International*, 42, 313–318.
- Gheysari, H. and Hamidian Shirazi, A. R. (2008). Comparison and evaluation of physico-chemical properties and adulteration of honeys produced in Shiraz at different seasons. *Iranian Journal of Food Science and Technology Research*, 57-69.
- Gomez-Díaz, D., Navaza, J. M., Riveiro, Q. and Lourdes, C. (2006). Rheological behaviour of Galician honeys. *Eur Food Res Technol*, 222, 439–442.
- Guler, A., Bakan, A., Nisbet, C. and Yavuz, O. (2007). Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (*Saccharum officinarum* L.) syrup. *Food Chemistry*, 105 (3), 1119-1125.
- Han Oh, T. and Yoo, B. (2011). Effect of temperature on the relationship between moisture content and dynamic rheological properties of Korean honey. *Food Science and Biotechnology*, 20(1), 261-265.
- Institute of Standards and Industrial Research of IRAN (ISIRI). (1386). *Iran National Standard*, No. 92. Honey, properties and experimental methods. 6th Revision.
- Iranian Institute of Standard and Industrial Research. (2007). Honey- properties and test methods. Standard No. 92.
- Jahed Khaniki, Gh. and Kamkar, A. (2005). Study of physico-chemical properties of honey produced in Garmsar in (2003). *Journal of Iranian Food Science and Technology*, 1(4), 35-41.
- Junzheng, P. and Changying, J. (1998). General Rheological Model for Natural Honeys in China. *Journal of Food Engineering*, 36, 165–168.
- Juszczak, L. and Fortuna, T. (2006). Rheology of selected Polish honeys. *Journal of Food Engineering*, 75, 43–49.
- Juszczak, L., Socha, R., Ro_ znowski, J., Fortuna, T. and Nalepka, K. (2009). Physicochemical properties and quality parameters of herbhoneys. *Food Chemistry*, 113, 538–542.
- Kayacier, A. and Karaman, S. (2007). Rhological and some physicochemical characteristics of selected Turkish honeys. *Journal of Texture Studies*, 39, 17-27.
- Kucuk, M., Kolaylı, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltacı, C. and Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types fro Anatolia. *Food Chemistry*, 100, 526-534.
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., Bacandritsos, N. and Sabatini, A. G. (2004). Composition, thermal and rheological behavior of selected Greek honeys. *Journal of Food Engineering*, 64, 9–21.
- Mitschka, P. (1982). Simple conversion of Brookfield R. V.T. readings into viscosity functions. *Rheologica Acta*, 21, 207- 209.
- Mossel, B., Bhandari, B., D'Arcy, B. and Caffin, N. (2000). Use of an Arrhenius model to predict rheological behaviour in some Australian honeys. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 33, 545-552.
- Nanda, V., Sarkar, B.C., Sharma, H. K. and Bawa, A.S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 613-619.
- Omafuvbe, B. O. and Akanbi, O. O. (2009). Microbiological and physico-chemical properties of some commercial Nigerian honey. *African Journal of Microbiology Research*, 3 (12), 891-896.
- Oroian, M., Amariei, S., Escriche, I. and Gutt, G. (2011). Rheological Aspects of Spanish Honeys. *Food Bioprocess Technol*, DOI 10.1007/s11947-011-0730-4
- Perez- Arquillué, C., Conchello, P., Ariño, A., Juan, T. and Herrera, A. (1994). Quality evaluation of Spanish rosemary (*Rosmarinus officinalis*) honey. *Food Chemistry*, 51, 207-210.
- Recondo, M. P., Elizalde, B.E. and Buera, M. P. (2006). Modeling temperature dependence of honey viscosity and of related supersaturated model carbohydrate systems. *Journal of Food Engineering*, 77, 126-134.
- Rigi, S., Rigi, M., Rezatalab, A. and Sharifi, A. (2011). Study of physico-chemical properties of honey produced in Garmsar in 2011. *20th Congress of Iranian Food Science and Technology*, Sharif University of Technology, Tehran.
- Saxena, S., Gautam, S. and Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118, 391–397.
- Seyed Khoei, R., Rahimi Rad, A., Dalir Rad, M., Furuzan, Sh., Banafsheh Chin, A. and Ghasemluy, Kh. (2011). Study of physico-chemical properties of honeys produced in West Azarbayjan provience in 2010. *20th Congress of Iranian Food Science and Technology*, Sharif University of Technology, Tehran.
- Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentao, P. and Andrade, P. B. (2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93, 73-77.
- Sopade, P. A., Halley, P., Bhandari, B., D'Arcy, B., Doebler, C. and Caffin, N. (2002). Application of the Williams–Landel–Ferry model to the viscosity–temperature relationship of Australian honeys. *Journal of Food Engineering*,

56, 67-75.

- Terrab, A., Recamales, A.F., Hernanz, D. and Heredia, F.J. (2004). Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88, 537-542.
- Witczak, M., Juszcak, L. and Galkowska, D. (2011) . Non-Newtonian behaviour of heather honey. *Journal of Food Engineering*, 104, 532-537.
- Xiangrong, Z., Shuifang, L., Yang, Sh., Zhuoyong, Zh., Gaoyang, L., Donglin, S. and Feng L. (2010). Detection of adulterants such as sweeteners materials in honey using near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of Food Engineering*, 101, 92-97.
- Yanniotis, S., Skaltsi, S. and Karaburnioti, S. (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72, 372-377.
- Yoo, B. (2004). Effect of temperature on dynamic rheology of Korean honeys. *Journal of Food Engineering*, 65, 459-463.

Archive of SID

Comparison of physico-chemical and rheological characteristics of natural honeys with adulterated and sugar honeys

M. Ramzi¹, M. Kashaninejad^{2*}, A. R. Sadeghi Mahoonak³, S. M. A. Razavi⁴

Received: 2013.11.11

Accepted: 2014.06.16

Introduction: Honey is a natural food product having a high nutritional and medicinal value. It is a sweet, viscous substance produced by the honeybees from the nectar of plants. Sensory and physical properties and chemical composition of honey depend on the botanical origin and the regional and climatic conditions of the area in which it is produced. The knowledge of honey rheology is very important for its processing, quality control, process control, and selection of proper process equipment, storage, handling, and transportation and plays an important role in fluid heat transfer. Rheological properties of honeys depend on many factors including composition, temperature, and amount and size of crystals. Different kinds of honeys with various floral origins (such as Rosa, Thyme, Astragalus, Trifolium, sunflower, Medicago, alfalfa and etc.) are produced in different regions of Iran. In this study, some physicochemical and rheological properties of four Iranian honeys from Golestan province obtained from various floral sources, two poly floral (Mountain, Forest) and two mono floral (Sunflower, Ivy) were compared with adulterated and sugar honeys.

Materials and methods: Six honey samples were collected directly from beekeepers in Golestan Province, two monofloral (Sunflower, Ivy) and two polyfloral (Mountain, Forest), adulterated and sugar honeys. Some physico-chemical characteristics of samples including water content, Hydroxymethylfurfural content (HMF), diastase activity, pH, ash, free acidity, reducing sugars (fructose and glucose), sucrose content and electrical conductivity were determined by the harmonized methods of the International Honey Commission. The rheological measurements were also carried out on the honey samples at eighteen rotations, ranging from 5-200 rpm and at five temperatures, ranging from 10-30°C, using a viscosimeter Brookfield.

Results and discussion: The samples were found to be different from each other in terms of physico-chemical properties. In the natural honey samples, this discrepancy can be due to diversity in original plant and harvesting season. All the values obtained in the natural honey samples were agreement with those reported by Codex Alimentarius and ISIRI. The values of sucrose and fructose/glucose ratio the sugar honey sample and sucrose, fructose/glucose ratio, pH, HMF, diastase activity of adulterated honey were not in the range suggested by Codex Alimentarius and ISIRI.

Conclusion: Rheological characteristics of honeys were evaluated at different temperatures (10, 15, 20, 25 and 30°C). All the honeys exhibited Newtonian behavior for shear rate in range of 1.045- 41.8 s⁻¹. The temperature dependence of viscosity was described using the Arrhenius and the Vogel-Taumann-Fulcher (VTF) equations. Two models (Power Law and Exponential models) were also investigated to describe the concentration (°Brix) dependence of viscosity.

Keywords: Honey, Adulteration, physico-chemical properties, Rheology, Arrhenius model, VTF model

1, 2 and 3- MSc Student and Associate Professors, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.

4- Professor, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University, Mashad.

(*Corresponding Author Email: kashani@gau.ac.ir)