تاثیر جایگزینی غلظت‌های مختلف شربت گلوکز و شربت ساکارز بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی عسل ایرانی

مسعود هنرور[a*]، زهرا فرهادیان[b]

[a] استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۸/۱۸

چکیده

مقدمه: عسل به عنوان یکی از محصولات طبیعی و حاوی خصوصیات تغذیه‌ای فراوان، از دیرباز مورد توجه انسان بوده است. علاوه بر منبع غنی کربوهیدراتی، عسل دارای خواص درمانی بسیار زیادی بوده و قیمت بالای این محصول موجب شده تا همواره در معرض انواع تقلبات قرار گیرد. یکی از رایج‌ترین نوع تقلبات در عسل، افزودن شربت گلوکز و شربت شکر به آن است. هدف اصلی از این پژوهش، بررسی تغییرات کیفی در اثر افزودن دو شیرین کننده رایج در تقلبات عسل می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، چهار نمونه عسل جایگزین شده با شربت گلوکز در غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ ، چهار نمونه عسل جایگزین شده با شربت شکر در غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ و یک نمونه عسل خالص به عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شد. آزمون‌های مختلف فیزیکوشیمیایی از جمله آزمون قندهای احیاکننده، هدایت الکتریکی، رنگ سنجی، تعیین رطوبت، دانسیته، pH، ضریب شکست، ویسکوزیته و پلاریزاسیون روی تیمارها انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق حاکی از تفاوت معنی‌دار بین خصوصیات کیفی عسل خالص و عسل‌های تقلبی بود. جایگزینی شربت شکر و شربت گلوکز در غلظت‌های مختلف منجر به افزایش pH، رطوبت و درجه پلاریزاسیون تیمارها نسبت به عسل خالص شد. همچنین عسل‌های تقلبی جایگزین شده با این دو شربت، حاوی درصد قندهای احیاکننده قبل و بعد از هیدرولیز، دانسیته، ویسکوزیته و فروکتوز کمتری نسبت به نمونه عسل خالص بودند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های حاصل از بررسی خصوصیات مختلف کیفی عسل‌های جایگزین شده با درصدهای مختلف شربت گلوکز و شربت ساکارز نشان داد که تغییرات معنی‌داری در کیفیت و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی عسل پس از افزودن این شربت‌ها رخ می‌دهد که با انجام آزمایشات ساده می توان به وقوع این تقلبات پی برد.

واژه‌های کلیدی: *تقلب، شربت گلوکز، کیفیت عسل*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: M-Honarvar@hotmail.com

مقدمه

طبق تعریف کدکس، عسل ماده طبیعی شیرین تولید شده توسط زنبور عسل از شهد گل‌ها و یا از ترشح بخش‌های زنده گیاهان یا ترشحات حشره مکنده بر بخش زنده گیاهان است، که زنبور عسل این مواد را جمع‌آوری و حمل نموده و با مواد خاص بدن خود ترکیب و در کندوی عسل ذخیره می‌کند تا فرایند رسیدن آن طی شود (Anon, 2001). عسل منبع مهمی از کربوهیدرات‌ها برای انسان بوده و تنها شیرین کننده فراوان و قابل استفاده به مدت طولانی در تاریخ بشر بوده است (Manyi-Loh *et al*., 2011). خواص تغذیه‌ای فراوان عسل مدتهاست که به اثبات رسیده است. خصوصیاتی همچون تثبیت مقدار کلسیم استخوان، درمان کم خونی و بی‌اشتهایی، افزایش کارایی فکری، درمان ضعف در جذب یا هضم غذا و در سال‌های اخیر اثرات پریبیوتیکی[1] آن از جمله نقش‌های مطلوب عسل در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شود (Krell, 1996; Ajibola *et al*., 2012).

عسل به عنوان یک محصول با منشاء طبیعی، به علت خواص بسیار تغذیه‌ای و داروئی ذکر شده و همچنین تقاضای فراوان و جایگاه ویژه در بین مصرف‌کنندگان از قیمت نسبتا بالایی نیز برخوردار است و همواره مورد تقلب قرار گرفته و باعث شده تا سود جویان در حداقل زمان ممکن، اقدام به تولید عسل‌های تقلبی نمایند (Fairchild *et al*., 2000). به طور معمول تقلب در عسل به دو صورت رخ می دهد: نخست استفاده از شیرین کننده‌های رایج مانند شربت نیشکر، شربت چغندر، شربت ذرت و شربت ذرت با فروکتوز بالا (HFCS)، شربت قند اینورت حاصل از هیدرولیز اسیدی و شربت ملاس به عنوان منبع تغذیه زنبور عسل و یا مخلوط با عسل خالص (سعادتمند، ۱۳۷۸; Bogdanov, 2009a)، و دوم اضافه نمودن آب در صورتی که مقدار رطوبت عسل اندک باشد، البته این نوع تقلب با توجه به افزایش خطر تخمیر به طور معمول انجام نمی‌گیرد (Bogdanov, 2009b). طبق مطالعات و بررسی‌های انجام شده، اغلب تقلبات با استفاده از شیرین کننده‌هایی همچون شربت شکر و شربت گلوکز صورت گرفته است، زیرا از طرفی امکان دسترسی به این ترکیبات برای زنبورداران و تولیدکنندگان عسل بیشتر از محلول‌های قندی دیگر بوده و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشند و حداکثر میزان تولید عسل را در حداقل زمان ممکن میسر می‌سازند. از این رو، تغییرات فیزیکی و شیمیایی ایجاد شده در اثر اضافه شدن این دو نوع شیرین کننده بر کیفیت عسل‌ها می‌تواند به عنوان یکی از راه‌های تشخیص تقلبات عسل موثر واقع شود.

El-Bialee and Sorour در سال ۲۰۱۱، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (ضریب شکست، رطوبت، مواد جامد محلول، دانسیته، وزن مخصوص، خاصیت موئینگی، کشش سطحی و pH) و رئولوژیکی نمونه‌های عسل خالص و تقلبی را با اضافه کردن چهار ماده مختلف نشاسته، گلوکز، ملاس چغندرقند و آب مقطر مورد بررسی قرار دادند که نتایج تفاوت‌هایی را در ویژگی‌های عسل‌های تقلبی نشان داد و مشخص شد که با بررسی و مقایسه این ویژگی‌ها می‌توان به تقلبات صورت گرفته پی برد (El-Bialee and Sorour, 2011).

در سال ۲۰۱۱، Ayansola and Adedoyin، ویژگی‌های مختلفی همچون مقدار رطوبت، خاکستر، مواد جامد کل، اسیدیته، مقدار گلوکز، فروکتوز، ساکارز و هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) عسل‌های عرضه شده به بازار را در جنوب غربی نیجریه مورد بررسی قرار دادند که نتیجه مطالعات آنها نشان داد تمامی پارامترها به جز میزان ساکارز و HMF در محدوده استاندارد بوده و این مسئله تقلب عسل در برخی از کشورهای جنوب غربی نیجریه را به اثبات رساند. علاوه بر بالا بودن HMF که نشانه‌ای از عملیات حرارتی بر روی عسل و کاهش اثر تغذیه‌ای و داروئی آن می‌باشد، محتوای ساکارز بالا نشان دهنده تقلب عسل با شربت شکر بوده و انجام تقلب در عسل‌های عرضه شده به بازار در جنوب غربی نیجریه را تایید می‌کند (Ayansola and Adedoyin, 2011).

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (کشش سطحی، هدایت الکتریکی، رطوبت، خاکستر، ضریب شکست، اسیدیته، دانسیته، ساکارز) و خصوصیات رنگی عسل‌های پاکستانی و همچنین تاثیر تقلب با شربت شکر بر ویژگی‌های مختلفی مانند کشش سطحی، هدایت الکتریکی، رطوبت، خاکستر،

[1] Prebiotic Effects

ضریب شکست، اسیدیته، دانسیته و میزان ساکارز توسط Saif-ur-Rehman and Maqbool در سال ۲۰۰۸ بررسی شد. تاثیر تقلب با شربت شکر نشان داد کهpH نمونه‌های تقلبی بالاتر از نمونه‌های خالص بود. عسل‌های تقلب شده با آب یا محلول‌های قندی اشباع، هدایت الکتریکی بیشتری نسبت به عسل‌های خالص داشتند. همچنین مقدار ضریب شکست در عسل‌های تقلبی کمتر و مقدار رطوبت بالاتر بود.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی و مقایسه تغییرات کیفی ایجاد شده در اثر افزودن غلظت‌های مختلفی از شربت ساکارز و شربت گلوکز، به عنوان عوامل رایج تقلب، بر ویژگی‌های مختلفی همچون pH، محتوای رطوبت، درصد قندهای احیاکننده قبل و بعد از هیدرولیز، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی، درجه پلاریزاسیون، خصوصیات رنگی، دانسیته و نسبت فروکتوز به گلوکز در نمونه‌های عسل خالص ایرانی و همچنین ارائه راهکاری ساده و قابل اطمینان به منظور تعیین تقلبات در عسل بدون بکارگیری دستگاه‌های پیشرفته تجزیه‌ای و آزمایشات وقت‌گیر و پیچیده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- مواد

در این تحقیق، تمامی آماده‌سازی‌های مربوط به تهیه عسل‌های خالص و تقلبی مورد آزمون، در زنبورداری عسل داریوش همدان انجام گرفت. جهت ایجاد تقلب با شربت گلوکز در نمونه‌های عسل، از شربت گلوکز با بریکس۸۱/۶، DE=۴۱/۳ و pH=۵ تولید شده در شرکت گلوکزان قزوین استفاده شد. همچنین به منظور ایجاد تقلب با شربت ساکارز در نمونه‌های عسل مورد آزمایش، از شربت شکر تهیه شده در آزمایشگاه واحد بسته‌بندی عسل داریوش همدان بهره گرفته شد که جهت تهیه شربت ساکارز از شکر خالص (با نام تجاری رنکس) تولید شده در شرکت دالین مهر کرج و از آب مقطر دو بار تقطیر تولید شده در آزمایشگاه واحد بسته‌بندی عسل داریوش همدان استفاده شد. تمامی مواد شیمیایی و محلول‌ها اعم از سولفات مس، تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم، اسید کلریدریک۳۷٪، سود، فروسیانور پتاسیم، اسید سولفوریک۹۸٪، تیوسولفات سدیم و استات روی از شرکت مرک[1] آلمان تهیه گردید.

- روش‌ها

- روش تهیه شربت شکر اشباع

جهت تهیه ۱۰۰ گرم محلول شربت شکر اشباع در دمای ۲۰°C، ۶۶/۷۲ گرم شکر به ۳۳/۲۸ گرم آب به نسبت ۱:۲ (شکر: آب w/w) اضافه گردید و سپس همزده شد تا کاملا شکر در آب حل شود (Asadi, 2006).

- روش تهیه عسل‌های تقلبی

در ابتدا عسل طبیعی خالص، به ۹ ظرف جداگانه به مقدار لازم منتقل گردید. سپس در ۴ ظرف اول، به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ و۲۰ ٪ وزن عسل، شربت شکر (اشباع) جایگزین شد و در ۴ ظرف بعدی، به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ و۲۰ ٪ وزن عسل، شربت گلوکز جایگزین و ظرف آخر نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد که به آن هیچ نوع ترکیبی اضافه نشد.

- روش انجام آزمایش‌های شیمیایی

آزمون‌های تعیین رطوبت به روش رفراکتومتری طبق روش استاندارد AOAC به شماره ۹۶۹/۳۸با استفاده از رفراکتومتر مدل ATAGO RX-5000aساخت ژاپن، تعیین قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز به روش لین اینون بر طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره۹۲، تعیین قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره۹۲، تعیین درصد ساکارز طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره۹۲، سنجش میزان هدایت الکتریکی با استفاده از کنداکتومتر مدل WTW Inolab Cond 730ساخت کشور آلمان، تعیین نسبت گلوکز به فروکتوز طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره۹۲، میزان pH با دستگاه pH متر مدل Metrohm 827 pH Lab ساخت سوئیس و طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره۹۲، تعیین پلاریزاسیون با استفاده از دستگاه پلاریمتر مدل N-R19025 ساخت انگلستان و طبق روش استاندارد AOAC به شماره۹۲۰/۱۸۲، سنجش دانسیته طبق روش استاندارد AOAC به شماره ۹۳۲/۱۴، تعیین ویسکوزیته با

[1] Merck

استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد DV III + Pro با اسپیندل[1] ۴ و سرعت ۱۰ دور در دقیقه ساخت کشور آمریکا و رنگ سنجی در فضای رنگیCIELab با استفاده از رنگ سنج کرومامتر[2] Minolta CR400 ساخت کشور ژاپن انجام شد (بی‌نام، ۱۳۸۶ ;Helrich, 1990).

- **تجزیه و تحلیل آماری**

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون طرح کاملا تصادفی[3] استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن[4] انجام و برای مقایسه میانگین تیمارها با شاهد از آزمون مقایسه تفاوت میانگین دانت استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در سطح ۳ تکرار انجام گرفت.

یافته‌ها

- **قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز**

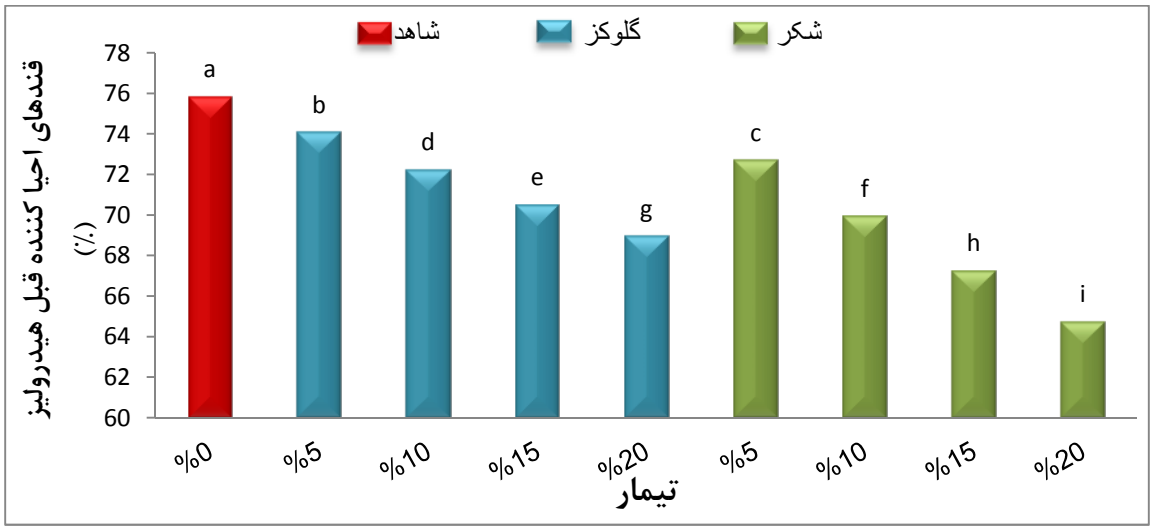
یافته‌های حاصل از بررسی میزان قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز تیمارهای مختلف در نمودار ۱ خلاصه شده است. همانطور که از نمودار قابل استنباط است، تمامی تیمارها در میزان قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز اختلاف معنی‌داری در سطح $P\leq ۰/۰۱$ نسبت به یکدیگر داشته، بطوریکه تیمار عسل تقلبی ۲۰٪ شربت شکر پایین‌ترین مقدار و تیمار شاهد بیشترین مقدار قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز را نسبت به سایر تیمارها داشت.

- **قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز (قند کل)**

نتایج مربوط به بررسی میانگین قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز عسل شاهد و عسل‌های تیمار شده با درصدهای مختلف شربت گلوکز و شربت شکر در نمودار ۲ به نمایش درآمده است. طبق یافته‌های بدست آمده تمامی تیمارها در میزان قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر داشتند بطوریکه همانند نتایج قندهای احیا کننده قبل از هیدرولیز، تیمار عسل تقلبی ۲۰ ٪ شربت گلوکز پایین ترین مقدار و تیمار شاهد بیشترین مقدار قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز را نسبت به سایر تیمارها داشت. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، مقدار قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز در عسل‌های خالص بیش از عسل‌های تقلبی بوده و در عسل‌های تقلبی با شربت شکر این میزان بیشتر از عسل‌های تقلبی با شربت گلوکز بود.

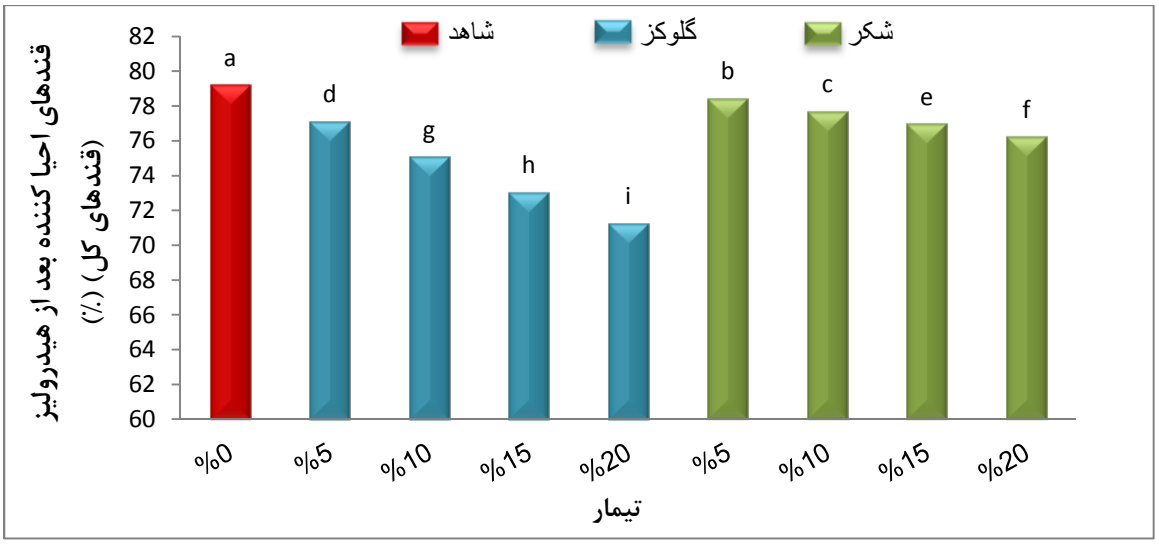
- **قندهای غیر احیا کننده**

عسل به طور طبیعی حاوی مقادیر اندکی ساکارز، به عنوان مهم ترین قند غیر احیاکننده می‌باشد (Manyi-Loh *et al.*, 2011). نتایج نشان داد که تمامی تیمارها در میزان قندهای غیراحیا کننده اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹٪ داشتند (نمودار۳).

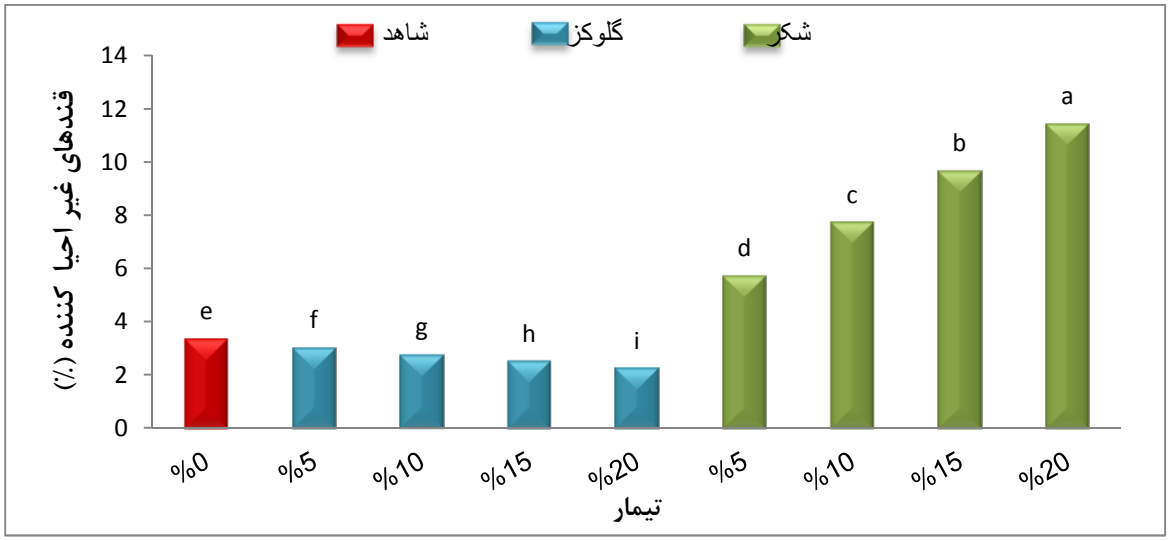


نمودار ۱- مقایسه میانگین قندهای احیاکننده قبل از هیدرولیز نمونه های عسل

[1] Spindle [2] Chroma Meter [3] Completely Randomized Design (CRD) [4] Duncan



نمودار ۲- مقایسه میانگین قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز نمونه های عسل



نمودار ۳ - مقایسه میانگین قندهای غیر احیا کننده نمونه های عسل

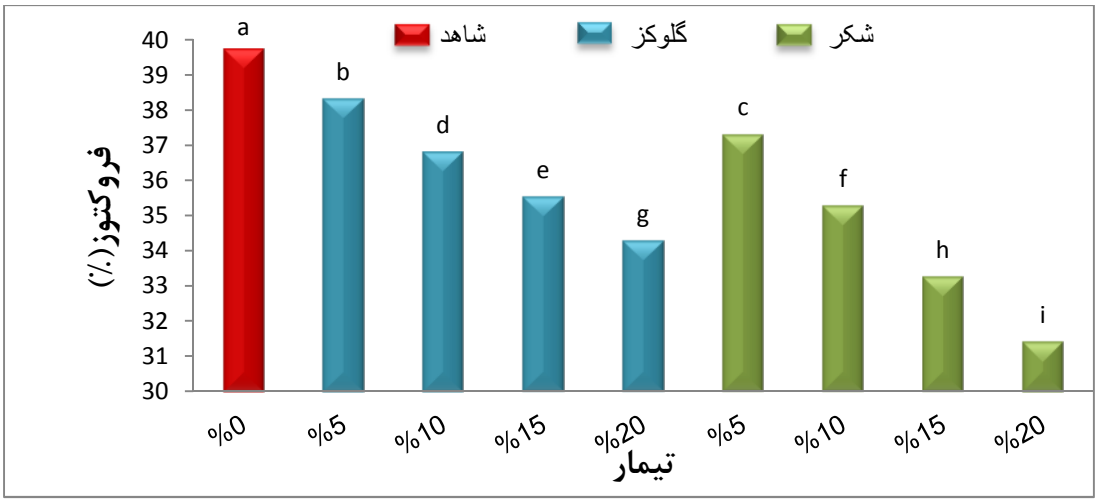
همانطور که انتظار می‌رود، با جایگزینی شربت شکر در نمونه‌های عسل، درصد حضور قندهای غیراحیاکننده در محصول افزایش خواهد یافت. تیمارها در میزان قندهای غیراحیا کننده با یکدیگر در سطح $P\leq ۰/۰۱$ اختلاف معنی‌داری داشتند. تیمار عسل تقلبی ۲۰٪ شربت گلوکز پایین‌ترین مقدار قندهای غیر احیا کننده و تیمار عسل تقلبی ۲۰٪ شربت شکر بیشترین مقادیر قندهای غیر احیا کننده را نسبت به سایر تیمارها داشت.

- فروکتوز

یافته‌های حاصل از بررسی میزان فروکتوز تیمارهای مختلف در نمودار ۴ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود نمونه شاهد با ۳۹/۷ ٪ بیشترین و نمونه جایگزین شده بوسیله ۲۰٪ شربت شکر با ۳۱/۴٪ کمترین میزان فروکتوز را در بین ۹ تیمار داشتند. تمامی تیمارها در سطح ۹۹٪ دارای اختلاف معنی دار با یکدیگر بودند.

- نسبت فروکتوز به گلوکز

نتایج نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی نمونه‌های عسل با شربت گلوکز و همچنین شربت ساکارز، نسبت فروکتوز به گلوکز در تیمارها روند نزولی نشان خواهد داد (نمودار ۵). این نسبت در تیمارهای جایگزین شده با شربت شکر کاهش بیشتری داشته و با افزایش غلظت جایگزینی از ۵٪ به ۲۰٪ این شدت افزایش یافته است. نتایج بررسی نسبت فروکتوز به گلوکز در کلیه تیمارها معنی‌دار بوده و در نمودار ۵ نشان داده شده است.



نمودار ٤- مقایسه میانگین فروکتوز نمونه های عسل

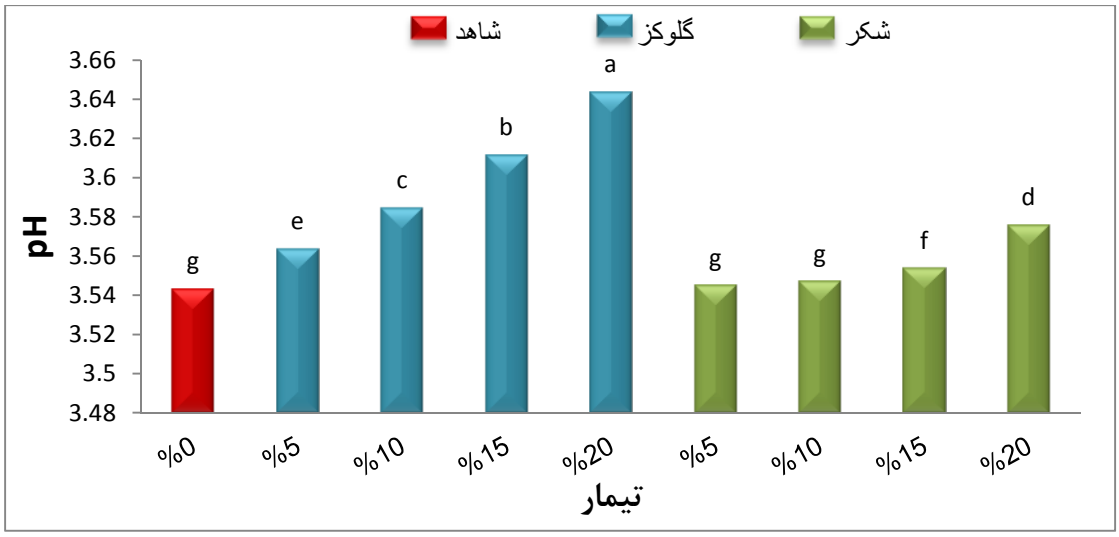
نمودار ٥- مقایسه میانگین نسبت فروکتوز به گلوکز نمونه های عسل

pH -

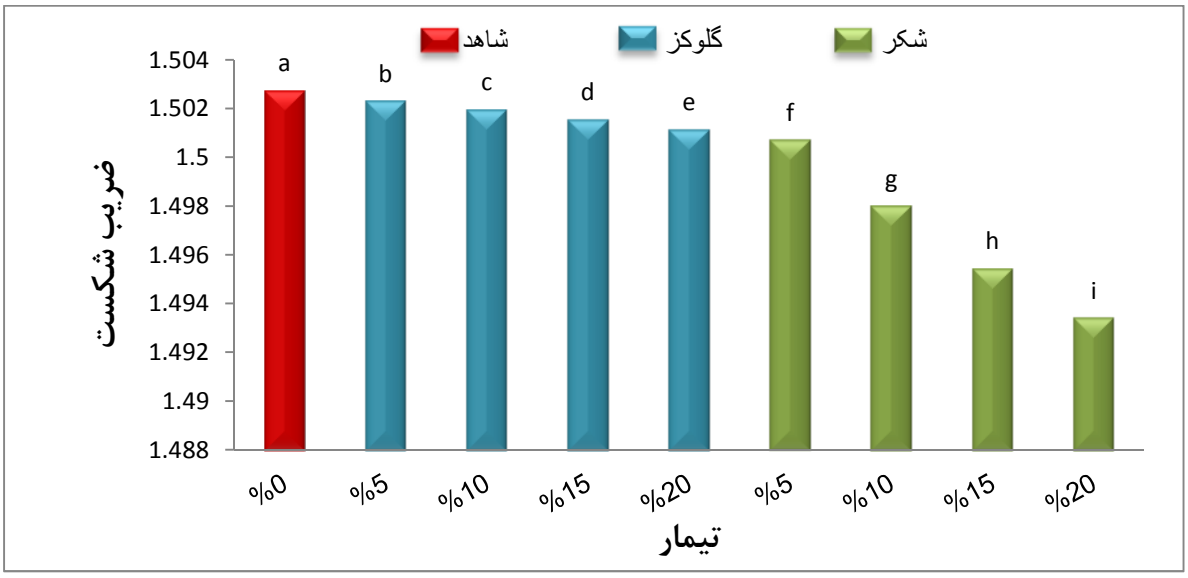
میزان حضور ترکیبات اسیدی در عسل اندک گزارش شده است. اسیدهای آلی موجب ایجاد حالت اسیدی در عسل می‌شوند و در خصوصیات طعم عسل نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند (Krell, 1996). اسید اصلی موجود در عسل گلوکونیک اسید بوده که محصول اکسیداسیون گلوکز توسط آنزیم گلوکزاکسیداز می‌باشد (Bogdanov, 2009a). نتایج نشان داد که افزودن شربت گلوکز موجب افزایش معنی‌دار pH نمونه‌ها می‌شود. اثر افزودن شربت شکر در این رابطه کمتر مشاهده شد (نمودار ۶). بیشترین میزان pH مربوط به تیمار ۲۰٪ شربت گلوکز و کمترین میزان آن در تیمار شاهد، ۵٪ و ۱۰٪ شربت ساکارز گزارش گردید.

- ضریب شکست

بنابر مطالعات انجام شده توسط Saif-ur-Rehman & Maqbool در سال ۲۰۰۸، ضریب شکست نمونه‌های عسل جایگزین شده با شربت شکر، به میزان معنی‌داری پایین‌تر از نمونه‌های عسل خالص است. هر چه غلظت محلول‌های قندی کاهش یا رطوبت محصول افزایش یابد، میزان ضریب شکست عسل کاهش خواهد یافت (Saif-ur-Rehman & Maqbool, 2008). نتایج بدست آمده نشان از تفاوت معنی‌دار در سطح $P\leq ۰/۰۱$ بین نمونه‌ها داشت (نمودار ۷). نمونه شاهد بالاترین میزان ضریب شکست و تیمار جایگزین شده با ۲۰٪ شربت شکر کمترین میزان ضریب شکست را نشان داد.



نمودار ٦ – مقایسه میانگین pH نمونه های عسل



نمودار ۷- مقایسه میانگین ضریب شکست نمونه های عسل

- رطوبت

آب از نظر کمی دومین ترکیب حائز اهمیت در عسل می‌باشد. وجود آب در نگهداری عسل بسیار مهم است زیرا تنها عسل‌هایی که حاوی محتوای رطوبت کمتر از ۱۸٪ هستند را می‌توان بدون خطر احتمال وقوع تخمیر نگهداری کرد. مقدار آب به عوامل زیست محیطی مختلفی از قبیل آب و هوا، رطوبت داخل کندو، وضعیت شهد و عملیات انجام شده در هنگام استخراج و نگهداری عسل در طی تولید بستگی دارد (Bera *et al.*, 2008). نتایج بررسی میزان رطوبت تیمارها نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی عسل خالص با شربت گلوکز و شربت ساکارز، محتوای رطوبت نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (نمودار ۸) به طوری که نمونه حاوی ۲۰٪ شربت ساکارز دارای بالاترین درصد رطوبت (۱۷/۲۳٪) و نمونه شاهد کمترین میزان رطوبت (۱۳/۶۱٪) را داشت.

- دانسیته

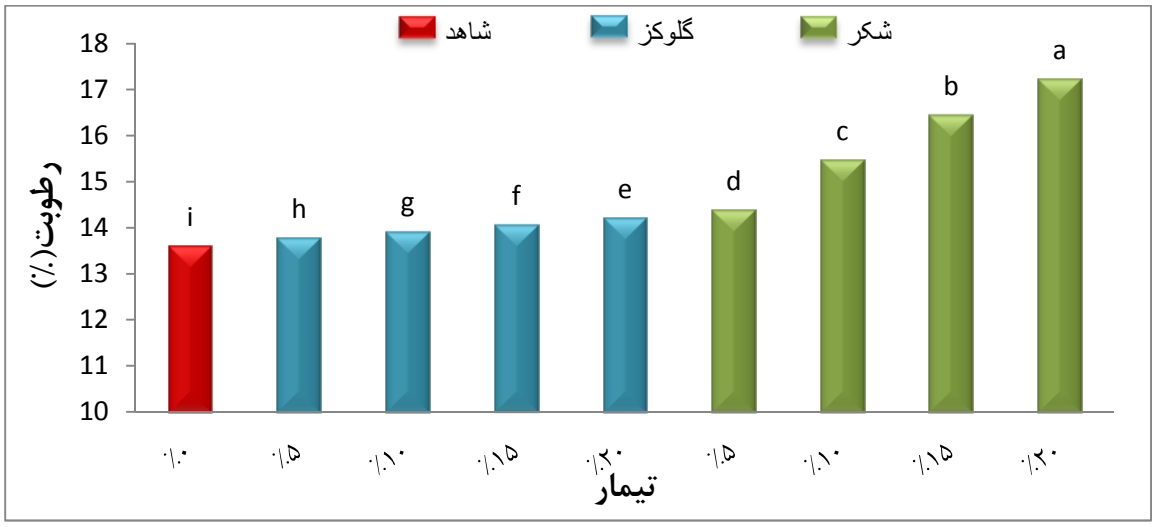
مشخص شده است که بررسی میزان دانسیته عسل می‌تواند یکی از راه‌های موثر کشف تقلب در اثر افزودن آب به عسل باشد (Krell, 1996; Bogdanov, 2009b). در حالت طبیعی چگالی عسل بیشتر از آب است و به راحتی در حجم مشخصی از آب ته نشین می‌شود، اما افزودن بیش از حد رطوبت به عسل منجربه نزدیکی دانسیته آن به دانسیته آب خواهد شد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که افزودن شربت‌های گلوکز و شکر به دلیل افزایش در محتوای رطوبت تیمارها منتج به کاهش میزان دانسیته نمونه‌های عسل می‌شود به طوری که این کاهش با افزایش درصد جایگزینی، بیشتر خواهد شد (نمودار ۹). بنابراین همانطور که انتظار می‌رود بالاترین میزان دانسیته مربوط به نمونه شاهد و پایین ترین آن متعلق به تیمار ۲۰٪ شربت شکر بود.

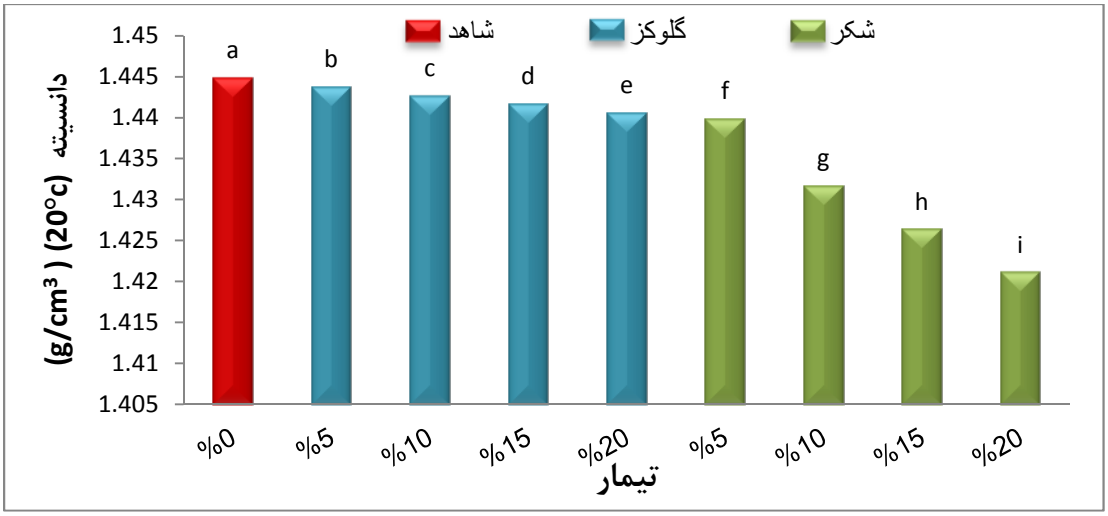
- **هدایت الکتریکی**

نوع و میزان حضور املاح معدنی در عسل کاملا به منشاء گیاه و منطقه جغرافیایی بستگی دارد. عسل حاوی املاح معدنی متنوعی از جمله پتاسیم، کلسیم، کلرین، منیزیم، آهن، فسفر، مس، سدیم و روی بوده که پتاسیم با میانگین حدود یک سوم کل مواد معدنی، عنصر اصلی

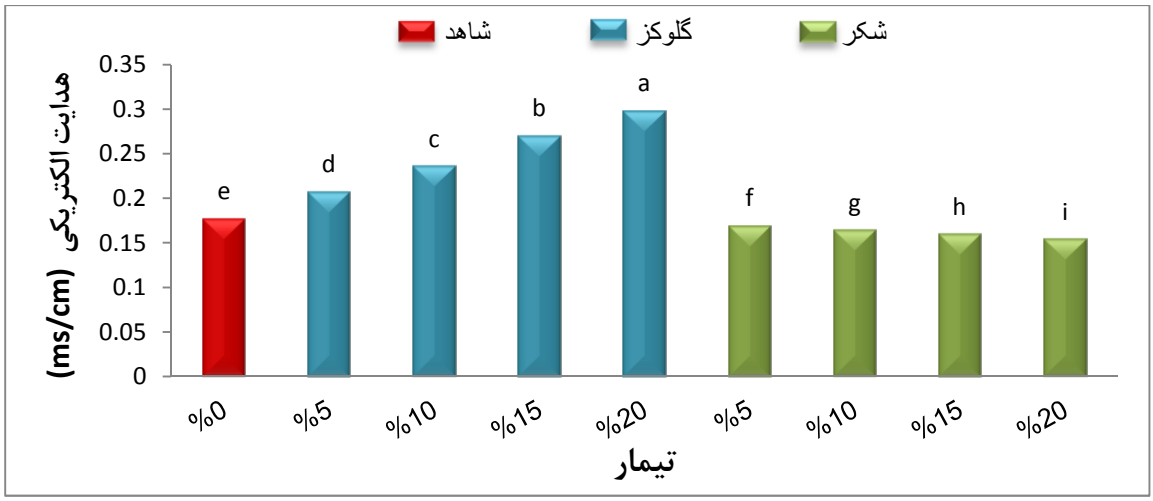
عسل محسوب می‌شود (Bogdanov, 2009a). نتایج حاصل از بررسی هدایت الکتریکی تیمارها نشان داد که با افزایش جایگزینی شربت گلوکز میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافته اما این اثر در ارتباط با افزایش غلظت شربت ساکارز کاملا متفاوت بود (نمودار ۱۰). با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، هدایت الکتریکی در عسل‌های تقلبی با شربت شکر نسبت به عسل خالص کاهش یافته است که این نتایج با گزارشات ارائه شده توسط دیگر محققین مطابقت دارد (Saif-ur-Rehman & Maqbool, 2008). بنابر مطالعات انجام شده، هدایت الکتریکی با نسبت ترکیبات جزئی موجود در



نمودار ۸- مقایسه میانگین رطوبت نمونه های عسل



نمودار ۹- مقایسه میانگین دانسیته نمونه های عسل



نمودار ۱۰- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی نمونه های عسل

عسل ارتباط دارد. به علت اینکه شربت شکر ترکیبات جزئی بسیار کم و رطوبت بیشتری نسبت به عسل خالص و عسل تقلبی با شربت گلوکز دارد، بنابراین در عسل‌های تقلبی با شربت شکر، با افزایش سطوح تقلب، میزان هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد. از طرفی با توجه به اینکه در روند تولید شربت گلوکز، از مواد قلیایی برای خنثی کردن اسیدیته ایجاد شده استفاده می‌شود، لذا به علت بالا بودن ترکیبات معدنی در شربت گلوکز، هدایت الکتریکی آن نسبت به عسل خالص افزایش بیشتری نشان می‌دهد (Ajani, 2009; Akhter *et al.*, 2011). پس در عسل‌های تقلبی با شربت گلوکز با افزایش سطوح تقلب، هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد.

- رنگ سنجی

رنگ عسل، از روشن (مانند آب) تا کهربایی تیره و یا سیاه متفاوت است. رنگ بسته به منشاء گیاهی، مدت زمان و شرایط ذخیره سازی ممکن است تغییر کند، اما شفافیت و یا روشنایی عسل وابستگی شدیدی به مقدار ذرات معلق موجود مانند انواع گرده‌ها دارد. رنگ عسل از جنبه تجاری و تعیین نوع مصرف و قیمت نهایی آن دارای اهمیت بسزائی است. عسل‌های تیره تر اغلب به منظور مصارف صنعتی مناسب هستند درحالیکه عسل‌های روشن تر برای استفاده مستقیم خرید و فروش می‌شوند. درتجارت عسل، علاوه بر تعیین کیفیت کل، قیمت براساس رنگ نهایی نیز تعیین می‌شود بطوریکه عسل‌های روشن تر قیمت بیشتری نسبت به عسل‌های تیره دارند (Bogdanov, 2009a; Krell, 1996). عسل پس ازحرارت دیدن یا ذخیره شدن نیز ممکن است تغییر رنگ داده و تیره شود (سعادتمند، ۱۳۸۴). به طور معمول در این گونه محصولات به منظور گزارش شدت رنگ از سه مولفه L^*، a^* و b^* یعنی از فضای رنگی CIELab استفاده می‌شود. فاکتور L^* میزان روشنایی تا تیرگی ماده، a^* قرمزی تا سبزی و b^* زرد تا آبی بودن ماده را نشان می‌دهد.

نتایج تجزیه واریانس نمونه‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq ۰/۰۵$ در مولفه‌های L*، a* و b* بود (نمودار ۱۱).

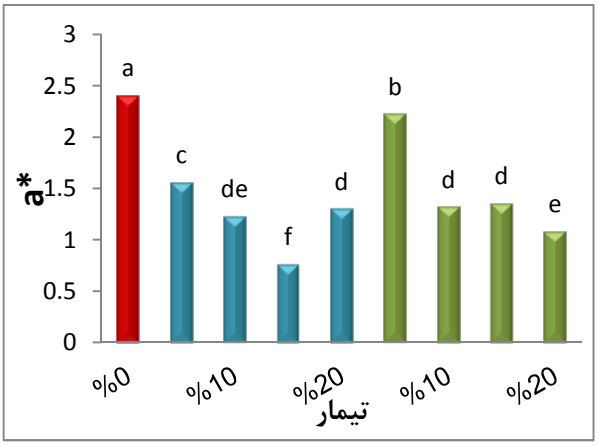
- ویسکوزیته

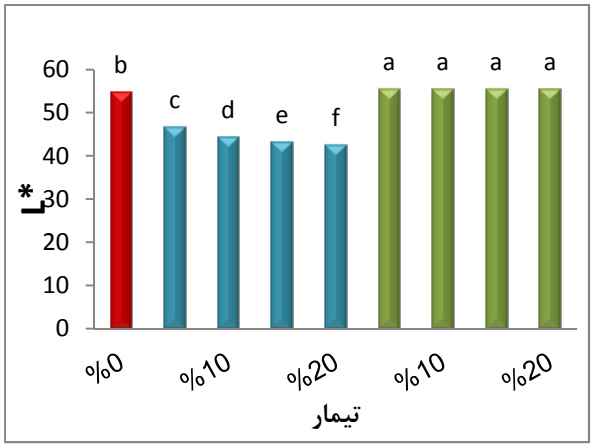
یافته‌های حاصل از بررسی میزان ویسکوزیته تیمارهای مختلف بوسیله ویسکومترهای چرخشی در نمودار ۱۲ خلاصه شده است. تمامی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹٪را در میزان ویسکوزیته در دمای ۲۲°C نسبت به یکدیگر نشان دادند. همانطور که ملاحظه می شود، نمونه شاهد با ۵۳/۱۰۳Pa.s بالاترین و نمونه جایگزین شده با ۲۰٪ شربت ساکارز با ۹/۱۳۵ Pa.s کمترین میزان ویسکوزیته را در بین تیمارها داشت.

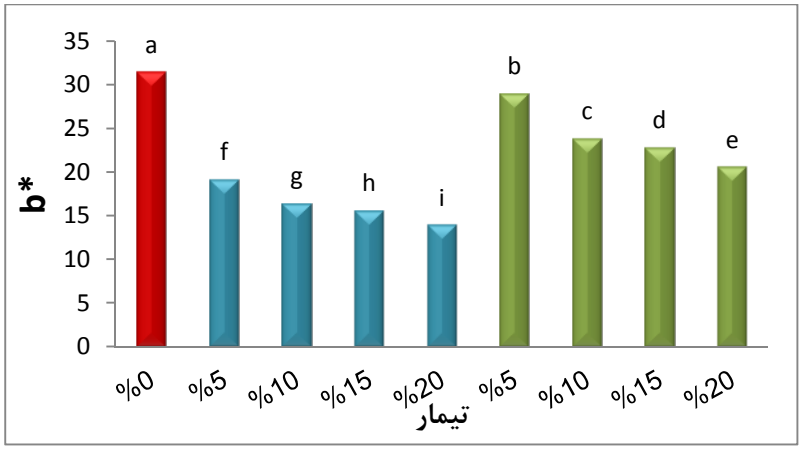
- پلاریزاسیون

عسل به دلیل حضور مقادیر زیادی قند اینورت، نور پلاریزه را به سمت چپ منحرف می‌کند. برخی از قندها مانند فروکتوز، چرخش نوری به سمت چپ داشته در حالیکه در ارتباط با بعضی قندهای دیگر مثل گلوکز،

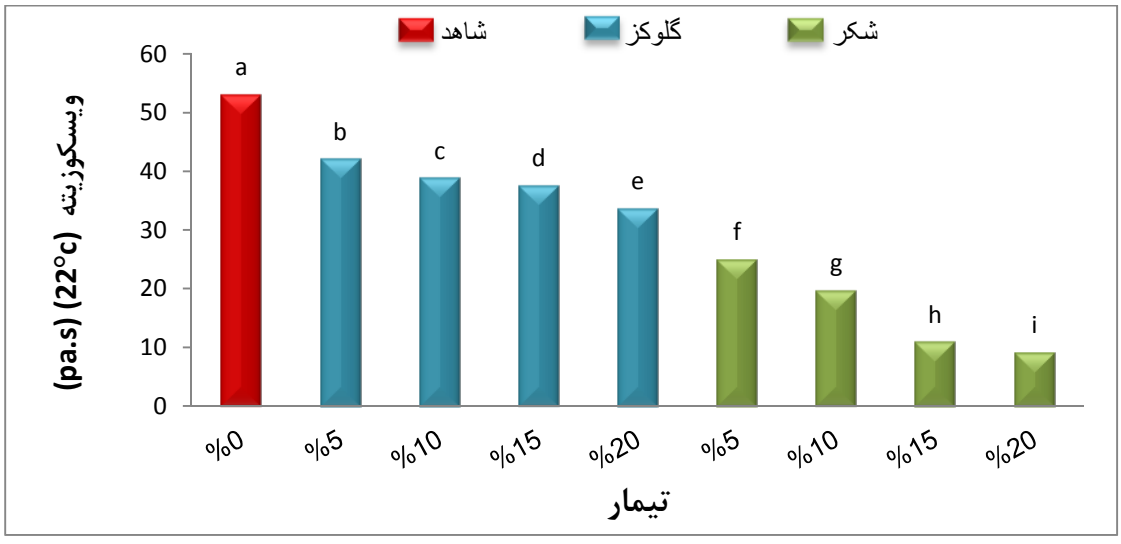
چرخش نوری به سمت راست می‌باشد. در واقع به خاطر فزونی فروکتوز نسبت به گلوکز در عسل است که این ماده در کل چپ‌گردان محسوب می‌شود (سعادتمند، ۱۳۸۴ ;Akhter *et al*., 2011). نتایج حاصل از بررسی درجه پلاریزاسیون تیمارهای مختلف در نمودار ۱۳ نمایش داده شده است.







نمودار ۱۱- مقایسه میانگین رنگ سنجی نمونه های عسل



نمودار ۱۲- مقایسه میانگین ویسکوزیته نمونه‌های عسل

نمودار ۱۳- مقایسه میانگین پلاریزاسیون نمونه‌های عسل

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، درصد قندهای احیا کننده قبل از هیدرولیز در عسل‌های خالص بیش از عسل‌های تقلبی و در عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز بیشتر از عسل‌های تقلبی با شربت شکر بوده است. همچنین یافته‌ها نشان داد با افزایش سطوح تقلب (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪) در عسل‌های تقلبی با شربت گلوکز و شربت شکر، میزان قندهای احیا کننده قبل از هیدرولیز کاهش یافته، بطوریکه کمترین مقدار در عسل‌های تقلبی با ۲۰٪ شربت شکر مشاهده شد. با جایگزینی درصدهای مختلف شربت شکر و شربت گلوکز در عسل خالص، درصد قندهای احیا کننده آن کاهش یافته که نتایج بدست آمده حاکی از آن است که میزان قندهای قبل از هیدرولیز در نمونه‌های عسل جایگزین شده با شربت گلوکز و شربت ساکارز کاهش یافته است. در شربت شکر با توجه به اینکه این شربت فاقد قندهای احیا کننده می‌باشد، میزان کاهش درصد قندهای قبل از هیدرولیز در مقایسه با شربت گلوکزی که حاوی قندهای احیا کننده است، بیشتر می‌باشد. به نظر می‌رسد رطوبت بالای شربت گلوکز و شربت شکر نیز با توجه به میزان اندک رطوبت عسل خالص، تاثیر مستقیمی بر روند کاهشی قندهای احیا کننده قبل از هیدرولیز داشته باشد (Akhter *et al*., 2011; Krell, 1996).

در ارتباط با قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز و یا اصطلاحا قند کل، همانطور که انتظار می‌رفت عسل‌های خالص میزان قند کل بالاتری نسبت به عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز و شربت شکر دارند. شربت شکر که متشکل از ساکارز و آب می‌باشد، فاقد هرگونه قند احیاکننده‌ای بوده و از طرف دیگر شربت گلوکز حاوی قندهای گلوکز و مالتوز است و نیز به دلیل حضور مقادیر بالای آب منجر به کاهش مقادیر قندهای احیاکننده بعد از هیدرولیز نسبت به نمونه عسل خالص می‌شود. به دلیل هیدرولیز دی ساکارید ساکارز به گلوکز و فروکتوز، درصد قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز در عسل‌های جایگزین شده با شربت شکر، نسبت به عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز بیشتر بوده که علت آن می‌تواند کم بودن مقدار دی ساکارید مالتوز موجود در شربت گلوکز باشد، که در اثر هیدرولیز به گلوکز تبدیل شده و درصد قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز را نسبت به عسل‌های تقلبی با شربت شکر به میزان کمتری افزایش خواهد داد (Kelly *et al*., 2004).

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، درصد کل قندهای غیر احیا کننده در عسل‌های تقلبی با شربت شکر، بیشتر از عسل‌های خالص و در عسل‌های خالص، بیشتر از عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز بود. با توجه به این که در شربت شکر، مقدار حضور قندهای غیر احیا کننده (ساکارز) بیشتر از عسل‌های خالص است و در شربت گلوکز، مقدار قندهای غیر احیا کننده کمتر از عسل خالص می‌باشد، بنابراین با جایگزینی درصدهای مختلف (۵، ۱۰، ۱۵و۲۰٪) شربت شکر در عسل خالص، روند افزایشی در میزان کل قندهای غیر احیا کننده قابل پیش بینی است.

مقادیر فروکتوز نمونه عسل خالص، با توجه به

یافته‌های این تحقیق، به میزان معنی‌داری بالاتر از تیمارهای جانشین شده با غلظت‌های متفاوت شربت شکر و شربت گلوکز بود و با توجه به اینکه شربت شکر و شربت گلوکز، فاقد قند فروکتوزمی‌باشند، روند کاهشی در میزان فروکتوز عسل‌های تقلبی مشاهده شد (Kelly *et al*., 2004; Krell, 1996). کاهش بیشتر فروکتوز در عسل‌های تقلبی با شربت شکر به علت رطوبت بیشتر و بریکس کمتر شربت شکر نسبت به شربت گلوکز قابل توجیه است.

بنابر مطالعات انجام شده در سال ۲۰۰۹، با افزایش میزان آب، مقدار pH نمونه‌های عسل افزایش می‌یابد (Ajani, 2009). با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، مقدار pH در عسل‌های تقلبی بیشتر از عسل‌های خالص و در عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز بیشتر از عسل‌های جایگزین شده با درصدهای متفاوت شربت شکر بود. با توجه به اینکه در فرایند ساخت شربت گلوکز از ترکیبات قلیایی به منظور خنثی کردن اسیدیته شربت استفاده می‌شود، لذا افزایش میزان pH در عسل های جایگزین شده با شربت گلوکز بیشتر بوده و با افزایش سطوح جایگزینی از ۵ تا ۲۰٪ میزان pH عسل افزایش بیشتری خواهد داشت. نتایج به دست آمده در این تحقیق هم راستا با نظر دیگر نویسندگان بود (Saif-ur-Rehman & Maqbool, 2008; El-Bialee & Sorour, 2011).

ضریب شکست یک محلول عبارت است از نسبت سرعت عبور نور در هوا به سرعت عبور نور در محلول در دمای مشخص، که این عدد برای آب خالص در دمای ۲۰°C و در طول موج ۵۸۹nm، ۱/۳۳۳ و برای محلول ۱۰٪ ساکارز خالص در همین دما، ۱/۳۴۸ می‌باشد (Asadi, 2006). همانطور که پیش تر اشاره شد، نمونه‌های عسل تقلبی با شربت شکر، ضریب شکست پایین تری را نسبت به نمونه‌های عسل خالص نشان می‌دهند. هر چه غلظت محلول‌های قندی کاهش یا رطوبت محصول افزایش یابد، مقادیر ضریب شکست کاهش بیشتری خواهد یافت. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، ضریب شکست عسل‌های خالص بیشتر از عسل‌های تقلبی بوده و در عسل‌های تقلبی جایگزین شده با شربت گلوکز، میزان ضریب شکست بالاتر از عسل های تقلبی جایگزین شده با شربت شکر بود.

بنابر مطالعات انجام شده توسط El-Bialee & Sorour در سال ۲۰۱۱ رطوبت نمونه‌های عسل تقلبی همواره بالاتر از نمونه‌های عسل خالص است. یافته های این تحقیق نیز نشان داد که میزان رطوبت در عسل‌های تقلبی بیشتر از عسل‌های خالص بوده بطوریکه در عسل‌های جایگزین شده با شربت شکر میزان رطوبت بیشتر از عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز بود که دلیل آن را می‌توان به بالا بودن محتوای آب موجود در ترکیبات شربت شکر نسبت به شربت گلوکز مرتبط دانست (Kelly *et al*., 2004; El-Bialee & Sorour, 2011).

گزارشات حاکی از آن است که عسل‌های خالص نسبت به عسل‌های تقلبی دانسیته بالاتری داشته و با افزایش غلظت ترکیبات افزودنی، اعم از گلوکز، ساکارز، نشاسته و آب این اختلاف دانسیته بیشتر خواهد شد (El-Bialee & Sorour, 2011; Kelly *et al*., 2004 ; Ajani, 2009)، که گزارشات این نویسندگان با نتایج بدست آمده در این بررسی مطابقت داشت. باتوجه به اینکه دانسیته شربت شکر و شربت گلوکز پایین‌تر از عسل خالص می‌باشد، با افزایش درصدهای مختلف شربت شکر و شربت گلوکز (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪) در عسل خالص، مقدار دانسیته تیمارها کاهش یافت. طبق یافته‌های حاصل، بیشترین دانسیته در عسل خالص و کمترین دانسیته در عسل‌های تقلبی با ۲۰ ٪ شربت شکر مشاهده شد.

بنابر مطالعات انجام شده توسط Viuda-Martos و همکاران در سال ۲۰۱۰، هدایت الکتریکی عسل با غلظت نمک‌های معدنی، اسیدهای آلی و پروتئین‌ها در ارتباط است. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، هدایت الکتریکی در عسل‌های تقلبی جایگزین شده با شربت شکر نسبت به عسل خالص کاهش یافته که این نتیجه‌گیری با گزارشات ارائه شده توسط دیگر پژوهشگران هم راستا بود (Viuda-Martos *et al*., 2010; Saif-ur-Rehman & Maqbool, 2008). اما بر خلاف تصور، هدایت الکتریکی در عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز نسبت به عسل‌های خالص افزایش یافته است. این افزایش را می‌توان به حضور غلظت بیشتر ترکیبات و املاح معدنی در شربت گلوکز نسبت داد، چرا که در فرایند ساخت این گونه شربت‌ها، همانطور که عنوان شد، از ترکیبات قلیایی قوی به منظور خنثی سازی اثر اسید موجود استفاده می‌شود.

واکنش این قلیا با اسید می تواند منجر به تولید نمک‌های آنها شده که در نهایت املاح موجود در ترکیب شربت گلوکز و در نتیجه هدایت الکتریکی عسل را افزایش می‌دهد (Kelly *et al*., 2004; El-Bialee & Sorour, 2011).

مشخص شده است که رنگ نهایی عسل در ارتباط مستقیم با قلیائیت بالقوه، میزان خاکستر و حضور ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در عسل مانند کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها می‌باشد (Viuda-Martos *et al*., 2010). با توجه به یافته‌های این تحقیق، مقدار مولفه L^* (روشنایی) در عسل‌های جایگزین شده با شربت شکر بیش از عسل‌های خالص بوده و با افزایش درصد تقلب از ۵ تا۲۰٪ تفاوت معناداری در روشنایی عسل‌های تقلبی با شربت شکر مشاهده نشد. مقدار L^* در عسل‌های خالص بیشتر از عسل‌های جایگزین شده با شربت گلوکز بوده و با افزایش درصد تقلب از ۵ تا ۲۰٪ از درجه روشنایی آنها کاسته شد و تیمارها کدرتر شدند، بطوریکه کمترین میزان روشنایی در عسل‌های تقلبی با ۲۰٪ شربت گلوکز مشاهده شد. بالا بودن ترکیبات و املاح معدنی در ساختار شربت گلوکز، می‌تواند دلیل این کاهش درجه روشنایی در نمونه‌ها باشد. نتایج نشان داد، مقدار مولفه a^* (قرمزی- سبزی) در عسل‌های خالص بیشتر از عسل‌های تقلبی بوده و در عسل‌های تقلبی جایگزین شده با شربت شکر این مولفه بیشتر از عسل‌های تقلبی با شربت گلوکز بوده است. با افزودن شربت گلوکز و جایگزینی آن در عسل‌های خالص تا غلظت‌های ۱۵٪ کاهش معنی‌داری در میزان a^* تیمارها مشاهده شد. در ارتباط با افزودن شربت شکر نیز میزان مولفه قرمزی- سبزی به طور معنی‌داری با افزایش غلظت جایگزیی، کاهش داشت. کمتر بودن میزان حضور ترکیباتی مانند کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها در شربت‌های گلوکز و ساکارز، که در عسل خالص مسبب ایجاد رنگ قرمزی است، دلیل کاهش مولفه a^* با افزایش غلظت جایگزینی شربت‌ها می‌باشد (Ajani, 2009). نتایج مشابهی در مولفه b^* (زردی- آبی) تیمارهای عسل نیز مشاهده شد. با افزایش غلظت شربت‌های گلوکز و شکر در نمونه‌های عسل، میزان زردتر بودن نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت و این کاهش در تیمارهای تقلب شده با شربت گلوکز بیشتر برآورد شد. بیشترین میزان b^* مربوط به نمونه عسل خالص و کمترین آن متعلق به تیمار عسل جایگزین شده با ۲۰٪ شربت گلوکز بود. کاهش این مولفه نیز می‌تواند در ارتباط با کمتر بودن غلظت ترکیبات رنگی طبیعی در شربت‌های شکر و گلوکز باشد (Ajani, 2009 ; Kelly *et al*., 2004).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که با افزودن شربت‌های گلوکز و ساکارز به نمونه عسل خالص، ویسکوزیته محصول به طور معنی‌داری کاهش خواهد یافت، به طوری که این کاهش در اثر افزودن شربت ساکارز شدت بیشتری نشان می‌دهد. محققین بالا بودن محتوای رطوبت در شربت‌ها را دلیل این کاهش ویسکوزیته عنوان کرده و همچنین به دلیل بیشتر بودن میزان رطوبت شربت ساکارز نسبت به شربت گلوکز، توانایی شربت ساکارز در کاهش ویسکوزیته بیشتر می‌باشد (Krell, 1996).

با توجه به نمودار ۱۳ به وضوح پیداست که بررسی درجه پلاریزاسیون نمونه‌های عسل می‌تواند یکی از کارآمدترین روش‌ها به منظور تشخیص تقلبات در عسل باشد. چرخش نور پلاریزه در عسل‌های خالص منفی بوده یا به عبارتی چپ‌گردان است اما در ارتباط با نمونه‌های جایگزین شده با شربت گلوکز این خاصیت به صورت راست گردان و مثبت می‌باشد، به طوریکه با افزایش غلظت جایگزینی، این خاصیت راست گردانی شدت می‌یابد. چرخش نوری قندهای مختلف به ترتیب: ساکارز ۶۶/۵+ ، مالتوز ۱۳۸+، گلوکز ۵۳/۵+ و فروکتوز ۹۴/۶- می‌باشد (DeMan, 1976). عسل طبیعی و خالص مقدار فروکتوز بیشتری نسبت به شربت‌های گلوکز و ساکارز دارد که در نهایت برآیند کلی چرخش نور پلاریزه به سمت چپ و منفی خواهد بود. شربت شکر و شربت گلوکز فاقد فروکتوز می‌باشند و وجود قندهایی مثل گلوکز و مالتوز در شربت گلوکز، و ساکارز موجود در شربت شکر سبب می‌شوند تا برآیند کلی چرخش نور پلاریزه به سمت راست و مثبت گرایش پیدا کند. به علت وجود مالتوز با چرخش نوری ۱۳۸+ در شربت گلوکز، با افزایش درصد تقلب از ۵ تا ۲۰٪، چرخش نور پلاریزه در عسل‌های تقلبی جایگزین شده با شربت گلوکز در مقایسه با عسل‌های جایگزین شده با شربت شکر تمایل بیشتری به راست‌گردان و مثبت بودن نشان دادند (سعادتمند، ۱۳۸۴؛ Bogdanov, 2009a; Ayansola & Adedoyin, 2011).

نتیجه‌گیری

عسل به عنوان یک محصول غذایی مفید با منشاء طبیعی، به علت خواص فراوان و تقاضای زیاد و جایگاه ویژه در بین مصرف‌کنندگان از قیمت نسبتا بالایی برخوردار بوده و باعث شده عده‌ای جهت سودجویی در حداقل زمان ممکن دست به تقلبات در عسل بزنند که سبب تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی عسل و در نتیجه افت کیفیت و ارزش تغذیه‌ای آن خواهد شد که هم سلامت مصرف کنندگان را به خطر انداخته و هم موجب زیان‌های اقتصادی می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت افزودن شربت‌های شکر و گلوکز، به عنوان رایج‌ترین مواد به منظور تقلب، تغییرات کیفی گسترده‌ای در ساختار عسل پدید خواهد آمد. همانطور که عنوان شد، ویژگی‌هایی همانند میزان قندهای احیاکننده، پلاریزاسیون، دانسیته، ویسکوزیته، pH، رنگ، محتوای رطوبت و هدایت الکتریکی عسل‌های خالص و تقلبی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بررسی این خصوصیات کیفی در عسل می‌تواند به سادگی و بدون استفاده از روش‌ها و دستگاه‌های پیچیده آزمایشگاهی، راهکار مناسبی جهت تشخیص وقوع تقلب در عسل‌های ایرانی باشد.

منابع

بی‌نام. (۱۳۸۶). استاندارد ملی شماره ۹۲ عسل- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، انتشارات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

سعادتمند، ج. (۱۳۸۴). عسل تقلبی: روش‌های تشخیص عسل تقلبی، ۰-۰۲-۷۰۰۶-۹۶۴

Ajani, O. O. (2009). Physical characterisation of some honey samples from North-Central Nigeria. International Journal of Physical Sciences, 4**,** 464-470.

Ajibola, A., Chamunorwa, J. P. & Erlwanger, K. H. (2012). Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. Nutr Metab (Lond), 9, 61.

Akhter, S., Masood, S. & Ullah, S. (2011). Physicochemical analysis and sensory evaluation of different samples of honey collected from northern areas of Pakistan. Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology (PJBMB), 43.

Asadi, M. (2006). Beet-sugar handbook, John Wiley & Sons.

Ayansola, A. & Adedoyin, D. (2011). Physico-Chemical Evaluation Of The Authenticity of Honey Marketed in Southwestern Nigeria. Journal of Basic and Applied Scientific. Research, 1**,** 3339-3344.

Bera, A., Almeida-Muradian, L. B. & Sabato, S. F. (2008). Study of some physicochemical and rheological properties of irradiated honey. Nukleonika, 53**,** s85-s87.

Bogdanov, S. (2009a). Authenticity of Honey and Other Bee Products: State of the Art. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies, 64.

Bogdanov, S. (2009b). Honey composition. The honey book.

Anon. (2001). Codex Standard 12-1981. Revised Codex Standard for Honey.

Deman, J. M. (1976). Principles of food chemistry, AVI Publishing Co., Inc.

El-Bialee, N. & Sorour, M. (2011). Effect of adulteration on honey properties. International Journal of Applied, 1.

FAIRCHILD, G. F., CAPPS, O. & NICHOLS, J. P. (2000). Impacts of economic adulteration on the US honey Industry, Food and Resource Economics Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Helrich, K. (1990). Official methods of Analysis of the AOAC. Volume 2, Association of Official Analytical Chemists Inc.

Kelly, J. D., Downey, G. & Fouratier, V. (2004). Initial study of honey adulteration by sugar solutions using midinfrared (MIR) spectroscopy and chemometrics. Journal of agricultural and food chemistry, 52**,** 33-39.

Krell, R. (1996). Value added products from bee keeping. Food and Agriculture organization of United Nations. Nature, 409.

Manyi-Loh, C. E., Clarke, A. M. & Ndip, R. N. (2011). An overview of honey: therapeutic properties and contribution in nutrition and human health. African Journal of Microbiology Research, 5**,** 844-852.

Saif-Ur-Rehman, Z. F. K. & Maqbool, T. (2008). Physical and spectroscopic characterization of Pakistani honey. Cien. Inv. Agr**,** 2.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Zaldivar-Cruz, J. M., Kuri, V., Fernandez-López, J., Carbonell-Barrachina, Á. A. & Perez-Álvarez, J. (2010). Aroma profile and physico-chemical properties of artisanal honey from Tabasco, Mexico. International journal of food science & technology, 45**,** 1111-1118.