

زنبور عسل و عسل

Sharla Riddle



زنبورهای عسل، شیمی دان‌های
ماهری هستند. این دانشمندان دنیای طبیعت با
کمک آنزیم‌ها و بیرون راندن آب، قند موجود
در شهد گل‌ها را به غذائی فوق‌اشباع و مقوی
تبدیل می‌کنند.

Riddle S. The chemistry of Honey. Bee Culture,
The Magazine of American bee keeping. July 25,2016

ترجمه

دکتر محمد حسن هدایتی امامی

متخصص داخلی - غدد

مهر ماه ۱۳۹۹

عسل ماده شگفت‌انگیزی است: حدود ۱۸۰ ماده مختلف دارد. طعم آن منحصر به فرد است. هیچ ماده شیرین دیگری جای آن را نمی‌گیرد؛ این طعم در جریان کنش/واکنش‌های شیمیایی پیچیده‌ای ساخته می‌شود.

سالیانه در سرتاسر ایران، ۹۰ هزار تن عسل تولید می‌شود* در کندوهای بی‌شماری که هریک، یک کارگاه شیمیایی است.

بخش اصلی عسل دو ماده قندی، گلوکز و فروکتوز، است. عسل، محلولی فوق‌اشباع است. وقتی شکر را در آب حل کنید، همیشه مقداری در ته لیوان، حل نشده باقی می‌ماند، زیرا آب که یکی از حلال‌هاست، تنها می‌تواند مقدار معینی شکر را در خود حل کند. اگر آب را گرم کنید، شکر بیشتری را در خود حل می‌کند. چنین حالتی را. فوق‌اشباع می‌نامند. گرما، آنزیم‌ها، و مواد شیمیایی دیگر، کاری می‌کنند

که در همان مقدار آب، ماده بیشتری حل شود. چنین مواد فوق‌اشباعی به راحتی بلوری می‌شوند، شکرک می‌زنند. شربت، شیرینی‌های شکلاتی، و عسل محلول‌های فوق‌اشباع هستند.

عسل، مایعی چسبناک است، زیرا هم مقدار آب موجود در آن کم است، هم مایعی فوق‌اشباع است. تنها ۱۵ الی ۱۸ درصد آن، آب است. محلولی غلیظ است، گاهی حتی به حالت جامد نزدیک می‌شود.

بخش اصلی عسل، قند است، لیکن حاوی ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها، اسیدهای آلی، گرده گیاهان، مواد معطر و مزه‌دار هم هست.

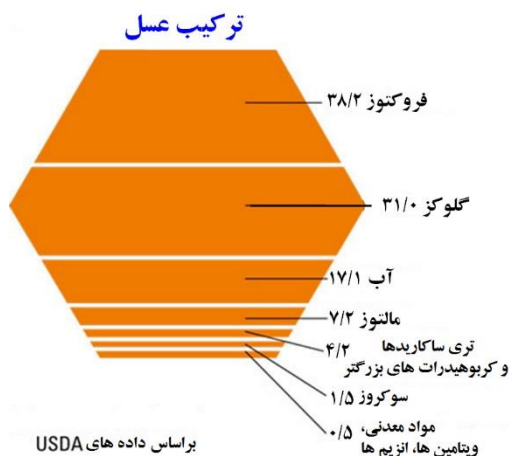
آغاز داستان، از شهد گل‌هاست. حدود ۸۰ درصد شهد گل‌ها، آب است، ولی آب موجود در عسل، خیلی کم است. عسل غلیظ و چسبناک است، ولی شهد گل‌ها، مایعی رقیق و بی‌رنگ است و به اندازه عسل هم شیرین نیست. خواص شیمیایی آن هم با عسل فرق دارد. زنبورها با کمک آنزیم‌های

خود، قندهای مُرکّب شهد گل‌ها را به قندهای ساده تبدیل می‌کنند. به‌همین دلیل هضم عسل راحت‌تر از قند و شکر است. قندهای موجود در عسل (گلوکز و فروکتوز) ساده‌تر از قند (سوکروز) موجود در قند و شکر معمولی است.

قندها را گاهی کربوهیدرات‌های شیرین می‌نامند. یکی از ابزارهای مرموز زنبور عسل آن است که می‌تواند قندهای مرکب موجود در شهد گل‌ها را به قندهای ساده تبدیل کند. این جریان را هیدرولیز می‌نامند. در آزمایشگاه برای تبدیل سوکروز (همان قند و شکر معمولی) به گلوکز و فروکتوز، باید به آن گرما داد، اسیدها یا آنزیم‌هایی به آن اضافه کرد. این کار در آزمایشگاه، کاریست پیچیده. اما زنبور عسل همین کار پیچیده را در کارگاه شیمیائی خود با کمک آنزیم‌ها، ماهرانه با سهولت و کارآمدی بیشتر انجام می‌دهد.

۹۵ الی ۹۹/۹ درصد بخش جامد عسل، قند است. برای آن‌که عسل را بشناسیم، اول باید قندها را بشناسیم. قند موجود در نیشکر، تقریباً فقط سوکروز است. آن را دی-ساکارید می‌نامند. از ترکیب دو قند ساده ساخته شده است. قند موجود در شهد گل‌ها هم، سوکروز است. سوکروز از

ترکیب دو قند ساده گلوکز و فروکتوز ساخته شده است. گلوکز و فروکتوز ساختمان شیمیائی ($C_6H_{12}O_6$) یکسانی دارند، لیکن ترتیب قرار گرفتن اتم‌ها در آن با هم فرق دارد. همین تفاوت در ترتیب قرار گرفتن اتم‌ها، باعث می‌شود که فروکتوز خیلی شیرین‌تر از گلوکز باشد. عسل هم از قند و شکر معمولی اندکی شیرین‌تر است، زیرا فروکتوز بیشتری دارد.



کار زنبوران عسل فقط این نیست که شهد گل‌ها را جمع‌آوری کنند. آن‌ها ماهیت شیمیائی شهد را هم دگرگون می‌کنند. غده بزاقی زنبورها، آنزیمی می‌سازد به نام

اینورتاز (invertase). آنزیم‌ها ترکیبات آلی مرکب، پیچیده و بزرگی هستند که کارشان آسان کردن واکنش‌های شیمیایی است. آنزیم‌ها در آن واکنش‌های شیمیایی مصرف نمی‌شوند، باقی می‌مانند و کار را بارها ادامه می‌دهند. کار ساخت عسل هم توسط همین آنزیم اینورتاز شروع می‌شود. آنزیم‌های دیگر هم وارد میدان می‌شوند و شهد را بالاخره به چیزی تبدیل می‌کنند که ما می‌گوئیم عسل است.

اینورتاز، سوکروز را به دو قسمت مساوی گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند. آمیلاز یکی دیگر از این آنزیم‌هاست، آمیلوز را به گلوکز تبدیل می‌کند. هضم گلوکز راحت‌تر است.

آنزیم دیگر، اُکسیداز گلوکز است. این آنزیم، گلوکز را تجزیه می‌کند و با این کار pH عسل را ثابت نگه‌می‌دارد. کاتالاز، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند و غلظت پراکسید هیدروژن عسل در حال ساخت را پائین نگه‌می‌دارد. برخی می‌گویند همین پراکسید هیدروژن است که عسل را حفظ می‌کند؛ ولی دو چیز دیگر هم هست که محافظ عسل است: یکی pH عسل است؛ عسل

اندکی اسیدی است، و دیگری آن است که عسل آب خیلی کمی دارد. زنبور عسل مثل همه شیمی‌دان‌های ماهر، برنامه منظمی برای عسل‌سازی دارد. زنبورهای کارگر با زبان مخصوص خود شهد گل را می‌مکند. هنگام سفر به سوی کندو، به شهد، اینورتاز اضافه می‌کنند. در عسل‌دان زنبور، این آنزیم، سوکروز را تجزیه و یک‌به‌یک به گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند. زنبور کارگر همه آن‌چه را که در این سفر ساخته به زنبورهای درون کندو تحویل می‌دهد. در خانه‌های "شان عسل" می‌ریزد؛ در آن‌جا، آنزیم‌های دیگر کار خود را شروع می‌کنند. هر زنبور درون کندو، که این شهد را برمی‌دارد، آنزیم‌هایی به آن اضافه می‌کند و این کار تکرار می‌شود. زنبورهای درون کندو در یک دوره ۲۰ دقیقه‌ای این شهد را می‌مکند و بیرون می‌ریزند. این کار را بارها و بارها تکرار می‌کنند تا آب موجود در شهد به حدود ۲۰٪ برسد. در این وقت آن را در خانه‌های "شان عسل" ذخیره می‌کنند. زنبورهای دیگر باد می‌زنند تا آب آن تبخیر و عسل غلیظ‌تر شود. وقتی آب عسل به ۱۷-۱۸٪ رسید زنبورها از بادزدن

دست می‌کشند. آن را به ذخیره‌گاه می‌برند. بنابراین با کمک تبخیر و آنزیم‌ها، محلولی فوق‌اشباع می‌سازند.

هر محلول فوق‌اشباعی ممکن است شکرک بزند. در عسل مولکول‌های گلوکز به یکدیگر وصل‌اند و زنجیره درازی درست می‌کنند. هرگاه این زنجیره متلاشی شود، زمینه برای تشکیل بلورها یا همان "شکرک زدن" فراهم می‌شود. مولکول‌های جداشده گلوکز، هرگاه به ذراتی دیگر از جمله به گرده‌های موجود در عسل به‌چسبند، بلورهای بیشتر و بیشتری تشکیل می‌شود و با چسبیدن این ذرات بلورهای (شکرک) ریز، بلورهای درشت‌تری بوجود می‌آید، که به‌خاطر سنگینی خود، به ته ظرف رسوب می‌کنند. مشکلی که در اثر ایجاد شکرک ایجاد می‌شود آن است که آن‌چه که در بالا باقی می‌ماند، آب بیشتری دارد، و دیگر مثل قبل، غلیظ نیست. مخمرها از این فرصت استفاده، زاد و ولد، و عسل را تخمیر و تند می‌کنند. به‌همین دلیل است که عسلی که شکرک‌زده، زودتر و راحت‌تر خراب می‌شود. دمای محیط بر شکرک زدن تاثیر دارد. بهترین دمای مناسب، بالای ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. عسل اگر در "شان" بماند، کمتر

خراب می‌شود. در بیرون کشیدن عسل از "شان"، و آماده کردن آن، چیزهائی به آن اضافه می‌شود که زمینه خراب شدن آن را آماده می‌کند. وجود گرد و غبار، حباب هوا و گرده هم باعث خراب شدن عسل می‌شود.

بلوری شدن عسل همیشه بد نیست. اگر عسل را کنترل شده، بلوری بکنند، به صورت عسل نرمی - کرم مانند - در می‌آید که راحت می‌توان آن را به نان مالید؛ اگر عسل خودش بلوری شود (شکرک بزند)، عسلی دانه دانه خواهد بود. دانه‌هائی که تشکیل می‌شود ممکن است ظریف باشد یا درشت. اندازه دانه‌ها به نسبت گلوکز و فروکتوز موجود در عسل بستگی دارد. گلوکز زودتر از فروکتوز بلوری می‌شود. هرچه قدر مقدار گلوکز عسل بیشتر باشد، سریع‌تر شکرک می‌زند. در این صورت دانه‌ها، ظریف‌تر و عسل نرم‌تر است. همان است که عسل کرم مانند - عسل کرمی - نامیده می‌شود. گرم کردن عسل باعث تغییر شیمیائی آن می‌شود. گاهی عسل تیره می‌شود، واکنش مربوطه را **Maillard** می‌نامند. عسل اندکی اسیدی است با **pH** حدود ۴. با گذشت زمان عسل گاهی قهوه‌ای می‌شود. علت آن پیوند اسیدهای آمینه با قند

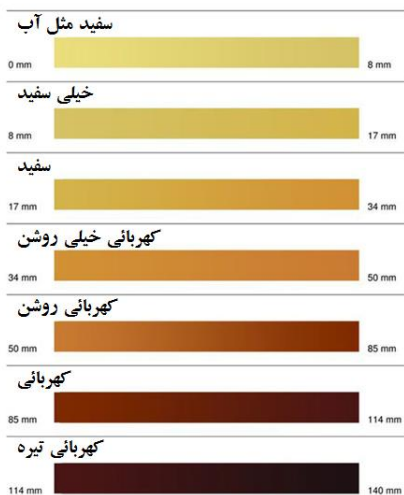
هاست. پدیده کاراملی، یا قهوه‌ای شدن عسل هنگامی روی می‌دهد که با گرما دادن به آن، پیوندهای مولکول‌های موجود در عسل از هم جدا شوند. هنگامی که این پیوندها جدا و بعد دوباره به هم وصل می‌شوند، قند کارامل شده به وجود می‌آید. گرما هم بر عسل و هم بر "شربت ذرت غنی شده با فروکتوز" تاثیر می‌گذارد.

اگر فروکتوز، گرما ببیند، گاهی تبدیل به هیدروکسی-متیل‌فورفورال (HMF= hydroxymethyl furfural) می‌شود که برای زنبورهای عسل زیانبار است. این ماده در دمای نسبتاً کم (۳۳/۳ الی ۴۶ درجه سانتی‌گراد) تشکیل می‌شود. اگر "شربت ذرت غنی شده با فروکتوز" را در محیطی با دمای زیاد انبار یا در هوای گرم جابجا بکنند، ممکن است این ماده در آن به وجود بیاید و اگر زنبور را با آن تغذیه کنند، ممکن است از بین بروند.

گرما و شکرک، رنگ عسل را هم عوض می‌کند. شکرک زدن عسل، رنگ آن را روشن تر می‌کند، به همین دلیل است که رنگ عسل‌های کِرِمی، روشن تر است. در حال طبیعی رنگ عسل معمولاً بستگی دارد به نوع شهد گل‌هائی

که زنبوران از آن تغذیه کرده‌اند. معمولاً رنگ عسل پائیزی با رنگ عسل بهاری فرق دارد. زیرا گیاهانی که در این دو فصل گل می دهند با هم تفاوت دارند. انجمن استاندارد آمریکا، عسل را از نظر رنگ به هفت دسته تقسیم می کند: سفید مثل آب، خیلی سفید، سفید، کهربائی بسیار روشن، کهربائی روشن، کهربائی، و کهربائی تیره. عسل های روشن تر اغلب طعم ضعیف تری دارند.

نمایه رنگ عسل



© 2011 French Lock Aparies

عسل آب دوست است. رطوبت را به خود می‌گیرد. در ظرف اگر باز بماند، رطوبت اطراف جذب عسل می‌شود. مخمرها که همه جا پراکنده‌اند، این رطوبت را دوست دارند، شروع به تکثیر می‌کنند و با تخمیر، عسل را خراب می‌کنند. در حال طبیعی رطوبت عسل کم است و آن را از شر مخمرها محافظت می‌کند. هرگاه رطوبت عسل از ۲۵٪ افزونتر شود، تخمیر شروع می‌شود.

عسل محصولی است که در ساختش انسان دخالت ندارد. مهندس و شیمی‌دان واقعی، زنبوران عسل‌اند. زنبوران عسل هستند که گل‌ها را می‌یابند، شهدش را می‌مکند، آن را دگرگون می‌کنند، به کندو می‌آورند و در درون کندو آن را به عسل تبدیل می‌کنند.

• (ایرنا. ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۸، ۱۴:۲۸ : کد خبر 83321162)

References

Carbohydrates and the Sweetness of Honey. The National Honey Board. (1995).

Honey: A Reference Guide to Nature's Sweetener. National Honey Board. Firestone, CO. (2005).

Janini, Thomas E. *Chemistry of Honey*. The Ohio State University College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences. (2014).

Kappico, Jenifer T., Asuka Suzuki, and Nobuko Hongu. *Is Honey the Same as Sugar?* The University of Arizona: College of Agriculture and Life Science Cooperative Extension. AZ1577 (2012).

Manyi-Loh, Christy E., Roland N. Ndip, and Anna M. Clarke. *Volatile Compounds in Honey: A Review on Their Involvement in Aroma, Botanical Origin Determination and Potential Biomedical Activities*. *Journal of Internal Molecular Science* (2011); 12 (12): 9514-9532.

Sammut, Dave. *The Tale in the Sting*. *Chemistry in Australia* (2015): 18-21.

Viuda-Martos, Manuel, et al. *Aroma Profile and Physical-Chemical Properties of Artisanal Honey from Tabasco, Mexico*. *International Journal of Food Science & Technology* 45.6 (2010): 1111-1118.