



## شناسایی عسل تقلبی با طیف‌سنجی NIR

سهامه شفیع<sup>۱</sup>، سعید مینایی<sup>۲\*</sup>، نصرالله مقدم چرکری<sup>۳</sup>، محسن برزگر<sup>۴</sup>، گریت پولدر<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی بیوسیستم - دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم - دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر - دانشگاه تربیت مدرس

۴- دانشیار گروه صنایع غذایی - دانشگاه تربیت مدرس

۵- استادیار بخش ربانیک گروه باغبانی - دانشگاه واخنینگن

ایمیل مکاتبه کننده: minaei@modares.ac.ir

### چکیده

در پژوهش حاضر کاربرد طیف‌سنجی NIR برای تشخیص عسل تقلبی بررسی شده است. طیف NIR نمونه‌های عسل خالص و عسل‌های مخلوط شده با مقادیر مختلف شربت قند در بازه ۴۰۰ تا ۲۳۰۰ نانومتر در مد عبور به دست آمد. روش‌های پیش‌پردازش طیفی مختلف به کار گرفته شد و در ادامه کاهش ابعاد داده و همچنین تفکیک نمونه‌های عسل تقلبی از نمونه‌های عسل خالص توسط تحلیل مؤلفه‌های اصلی انجام شد. نتایج نشان داد که روش‌های پیش‌پردازش مشتق اول و دوم در ترکیب با تحلیل مؤلفه‌های اصلی، به‌طور رضایت‌بخشی نمونه‌های عسل واقعی و عسل تقلبی را تفکیک می‌نمایند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که طیف‌سنجی NIR به‌عنوان روشی سریع برای تشخیص عسل تقلبی قابل کاربرد است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌پردازش‌های طیفی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، عسل تقلبی.

### مقدمه

عسل یک ماده شیرین طبیعی است که توسط زنبور عسل ساخته می‌شود و ترکیبات اصلی آن شامل قندهای ساده، از جمله گلوکز، فروکتوز (۶۵٪) و آب (۱۸٪) می‌باشد. پروتئین، فلاونوئید، ترکیبات خوشبو کننده، ترکیبات فنولی، اسیدهای آمینه آزاد، اسیدهای ارگانیک و ویتامین‌ها بخش کمی از ترکیبات عسل را تشکیل می‌دهند. عسل تقریباً تمام مواد معدنی لازم برای بدن انسان را داراست و مقدار و نوع مواد موجود در عسل به میزان مواد خوراکی جذب شده توسط گیاهان، مقدار آن‌ها در خاک و آلاینده‌های خاک و محیط بستگی دارد. در اکثر تمدن‌های کهن از عسل هم به عنوان غذا و هم به عنوان دارو استفاده شده است (Allsop et al, 1996). این اعتقاد که عسل غذا، دارو و مرهم



است امروزه نیز در سطح دنیا وجود دارد. در سال‌های اخیر شاخه جدیدی در طب به نام Apitherapy ایجاد شده است که درمان با عسل و سایر محصولات تولیدی توسط زنبور عسل را برای بیماری‌های مختلف پیشنهاد می‌کند (Bogdanov et al, 2006). اثرات دارویی ذکر شده و تأثیرات فراوان دیگری که در پژوهش‌های مختلف برای عسل بیان شده است، اهمیت استفاده از این ماده خوراکی شفا بخش را در رژیم خوراکی روزانه آشکار می‌سازد. از آن‌جا که قیمت عسل طبیعی بالا است برخی تولیدکنندگان آن را با شیرین‌کننده‌هایی مانند شربت قند مخلوط نموده و با قیمتی معادل عسل طبیعی وارد بازار می‌نمایند که این امر ارزش خوراکی عسل را پایین آورده و برای سلامتی انسان نیز مضر است (Mouazen & Walaan 2014). سال‌هاست که تقلب با شیرین‌کننده‌ها نگرانی بزرگی در صنعت عسل ایجاد کرده است. در کشور ما ایران نیز، استقبال بالایی که از عسل می‌شود، موجب شده است که عده‌ای به فکر تولید و فروش عسل‌های تقلبی در بازار باشند. افراد سودجو از محلول آب و شکر یا شیره انگور و توت، عسل تهیه کرده و به جای عسل طبیعی می‌فروشند که خاصیتی ندارد و حتی موجب بالا رفتن قند خون می‌شود. این اقلام تقلبی به‌گونه‌ای ساخته می‌شوند که بعضاً کارشناسان خبره نیز قادر به تشخیص نوع مرغوب و طبیعی در مقایسه با محصول تقلبی نبوده و تنها در آزمایشگاه می‌توان عسل طبیعی را، از نوع تقلبی آن تفکیک کرد (بی‌نام، ۱۳۹۱). امروزه تشخیص تقلب در عسل توسط روش‌های مختلفی انجام می‌شود. تشخیص تقلب در عسل با استفاده از روش‌های مختلفی از جمله روش‌های ایزوتوپیک (Padovana et al, 2003; Cabañero et al, 2006)، کروماتوگرافی (Moralesa et al, 2008)، تحلیل‌های حرارتی (Cordella et al, 2003) و رزونانس مغناطیسی هسته (Cotte et al, 2007) انجام شده است. اگرچه کاربرد این روش‌ها برای تشخیص تقلب به اثبات رسیده است ولی این روش‌ها اغلب زمانبر، مخرب و گران‌قیمت هستند. در این میان، روش‌های طیف‌سنجی ارتعاشی مانند اسپکتروسکوپی<sup>۱</sup> MIR (Bertelli et al, 2007)، و NIR (Mouazen & Walaan 2014) به‌عنوان روش‌های غیرمخرب برای تعیین صحت عسل استفاده شده‌اند. این روش‌ها در ترکیب با روش‌های تحلیل داده چندمتغیره، روش‌های غربالگری سریع، ساده و کم‌هزینه‌ای هستند. هدف پژوهش حاضر تشخیص عسل تقلبی با کاربرد طیف‌سنجی نزدیک مادون قرمز (NIR) است.

## مواد و روش‌ها

### تهیه نمونه‌های عسل

نمونه‌های عسل تک‌گل از شش منبع گیاهی مختلف (شامل: افاقیا، گندم سیاه، لیمو، ذرت، خلنگ و کلزا) از نواحی مختلف کشور لهستان جمع‌آوری و گرده‌شناسی شد. تحلیل کمی و کیفی گرده‌ها، طبق روش ارائه شده توسط کمیته بین‌المللی گیاه‌شناسی زنبور عسل<sup>۲</sup> و کمیته بین‌المللی عسل<sup>۳</sup> انجام شد (Zhu et al, 2010; Louveaux et al, 1978).

<sup>۱</sup> middle infrared

<sup>۲</sup> International Commission of Bee Botany

<sup>۳</sup> International Honey Commission



تعداد ۳۹ نمونه از عسل‌های مذکور با شربت قند (تهیه شده از چغندر قند با نسبت مساوی فروکتوز و گلوکز با شاخص بریکس ۷۰ درجه) با نسبت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ گرم در صد گرم عسل مخلوط شده و از مجموع ۱۵۶ نمونه عسل تقلبی، ۴۰ نمونه بصورت تصادفی انتخاب و در طبقه‌بندی به‌کار گرفته شدند.

### اندازه‌گیری NIR

نمونه‌های عسل یک شبانه روز درون حمام آب‌گرم اولتراسوند قرار گرفتند تا کریستال‌های داخل آن‌ها حل شده و برای اندازه‌گیری آماده شوند. دستگاه اسپکتروفوتومتر با دقت بالا (LAMBDA 950) برای جمع‌آوری طیف‌ها در مد عبور استفاده شد. نمونه‌ها پیش از طیف‌برداری در حمام آب‌گرم ۲۲ درجه قرار داده شدند تا با محیط هم‌دما شوند. از یک کووت<sup>۴</sup> خالی برای تصحیح خط پایه استفاده شد. کووت‌های خالی و پر شده با عسل توسط نگهدارنده، نگهداری شدند. نمونه‌ها به‌صورت پیوسته از ۴۰۰ نانومتر تا ۲۳۰۰ نانومتر (بازه‌ی اندازه‌گیری پنج نانومتر) در مد عبور اسکن شدند. اندازه‌گیری هر نمونه سه بار تکرار شده و میانگین‌گیری انجام شد تا اثرات غیرهمگنی کمینه شود. داده‌های طیفی ثبت و به فرمت CSV ذخیره شد.

### پیش‌پردازش‌های طیفی

پس از جمع‌آوری طیف‌ها، پیش‌پردازش طیف‌ها انجام می‌شود که هدف آن استخراج اطلاعات مفید برای تحلیل‌های کمی و کیفی بعد است. روش‌های پیش‌پردازش معمولاً نویزهای متعدد مربوط به دستگاه که از نویزهای رندوم فرکانس بالا ناشت می‌گیرد، کشش خط پایه، تغییرات منبع نور و زمینه را حذف می‌کنند. این روش‌ها شامل هموارسازی تلفیقی، تصحیح پخش افزایشنده، تبدیل فوریه، تبدیل موجک، عملیات جبری سیگنال‌های طیفی (هنجارسازی و استانداردسازی<sup>۵</sup>)، تفاضل سیگنال‌های طیفی، تصحیح خط پایه و ... می‌باشد. برخی از این روش‌ها برای پیش‌پردازش طیف‌های NIR عسل در پژوهش‌های پیشین با توجه به موضوع مورد بررسی و روش مدل‌سازی به‌کار برده شده است (Chen et al, ۲۰۱۴). پیش‌پردازش طیف‌های NIR در پژوهش حاضر توسط روش‌های مختلف انجام شد.

### نتایج و بحث

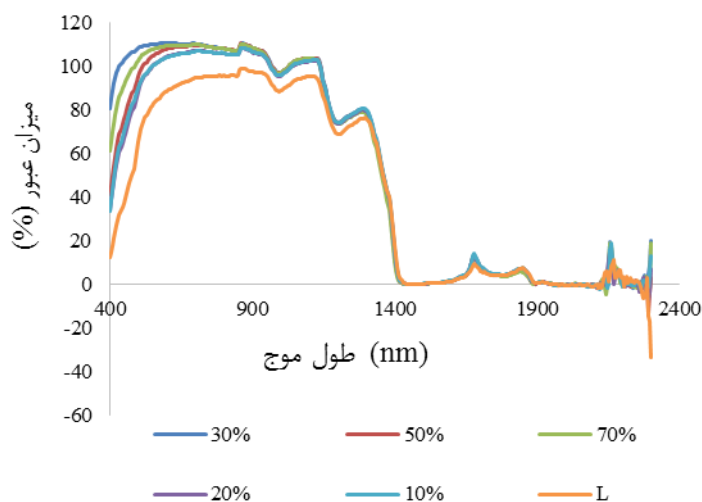
شکل یک طیف میانگین نمونه‌ی عسل خالص و طیف مربوط به نمونه‌ی مخلوط شده با شربت قند با درصدهای وزنی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ گرم در صد گرم را نمایش می‌دهد. تفاوت میان طیف مربوط به عسل خالص در مقایسه با نمونه‌های مخلوط شده با شربت قند واضح است. طیف عسل خالص درصد عبور کمتری را نشان می‌دهد این در حالی است که میزان عبور مربوط به نمونه‌های ناخالص بیشتر است. با افزایش میزان قند موجود در نمونه‌ها میزان انعکاس کمتر شده و مقدار نور عبوری افزایش می‌یابد. در ناحیه‌ی مرئی میزان عبور با افزایش میزان قند

<sup>۴</sup> Cuvette

<sup>۵</sup> Standardization



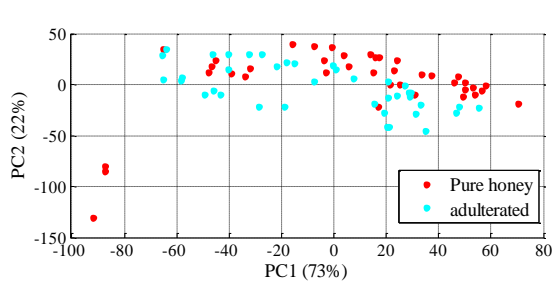
موجود در نمونه‌ها افزایش می‌یابد که ممکن است در اثر تغییر رنگ نمونه‌ها باشد. با افزایش مقدار قند موجود در نمونه‌های عسل، رنگ آن‌ها روشن‌تر شده و مقدار نور عبوری از آن‌ها به دلیل کاهش مقدار جذب افزایش می‌یابد، هرچند که در ناحیه NIR رفتاری آمیخته مشاهده می‌شود که توضیح آن دشوار است.



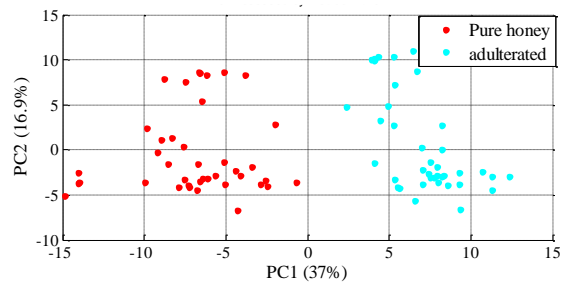
شکل ۱- نمودار طیف خام عسل خالص (L) و عسل مخلوط شده با شربت قند در ۵ نسبت مختلف

طیف‌های NIR اغلب به منظور کاهش نویزهای سیستماتیک مانند تغییرات خط پایه، انتشار نور و تفاوت‌های طول مسیر و بدست آوردن سهم ترکیبات شیمیایی پیش‌پردازش می‌شوند. با توجه به پژوهش‌های پیشین، برای تعیین مدل بهینه تشخیص عسل تقلبی، باید روی طیف NIR پیش‌پردازش‌هایی انجام شود. معمولاً پژوهش‌گران با توجه به موارد تشخیص مختلف، روش‌های پیش‌پردازش متفاوتی را به کار می‌برند (Chen et al, ۲۰۱۴). در این پژوهش چندین روش پیش‌پردازش مختلف به کار برده شد تا مدل شناسایی عسل تقلبی بهینه شود. این روش‌ها برای بدست آوردن بهترین مدل بهینه تشخیص و تعیین مقدار قند موجود در عسل مقایسه شدند. به منظور کاهش ابعاد داده‌ها و همچنین شناسایی داده‌های پرت، از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) بهره‌گیری شد.

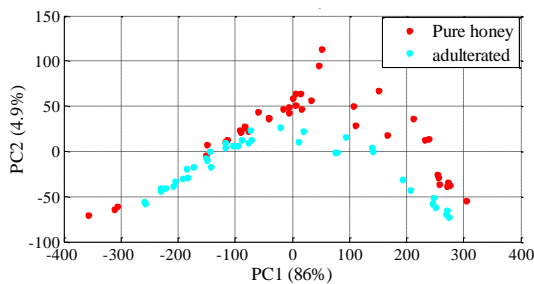
در این پژوهش چندین روش پیش‌پردازش به کار برده شد تا مدل تشخیص بهینه شود. روش‌های پیش‌پردازش شامل SNV، MSC، مشتق اول و مشتق دوم، مقایسه شدند تا مدل‌های بهینه برای شناسایی عسل تقلبی و همچنین پیش‌بینی مقدار قند حاصل شوند. نمودار score plot دو مؤلفه اصلی نخست برای طیف پیش‌پردازش شده با بهره‌گیری از روش‌های مختلف در شکل ۲ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، طیف پیش‌پردازش نشده که دو مؤلفه نخست آن ۹۵٪ تغییرات را نشان می‌دهند شناسایی نمونه‌های اصلی و تقلبی را به خوبی انجام نداده است. با بهره‌گیری از روش MSC درصد تفکیک بین دو گروه تا لی باز هم تفکیک بطور کامل انجام نشده است. دقت روش SNV از دو روش دیگر بیشتر است و جداسازی گروه‌ها انجام شده است.



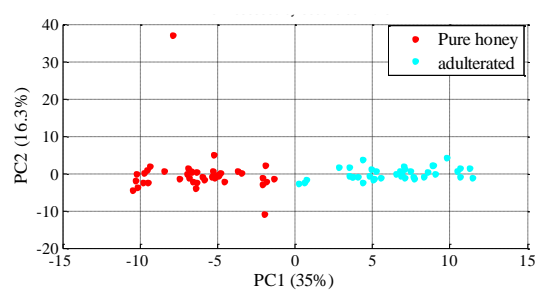
الف



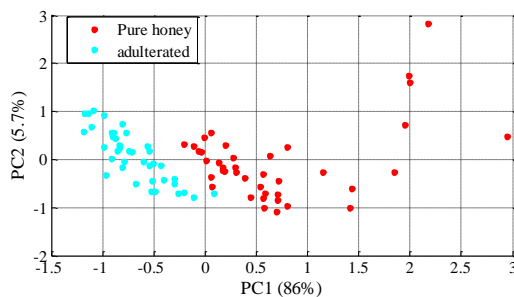
ت



ب



ث



پ

شکل ۲- نمودار Score plot دو مؤلفه‌ی اصلی نخست طیف NIR با روش‌های مختلف پیش‌پردازش: الف) طیف خام، ب) MSC، پ) SNV، ت) مشتق اول، ث) مشتق دوم

دو مؤلفه نخست برای طیف‌های پیش‌پردازش شده توسط مشتق اول و دوم به ترتیب تنها ۵۳/۹٪ و ۵۱/۳٪ کل تغییرات را پوشش می‌دهند، با این وجود جداسازی و تفکیک میان دو گروه در این دو نمودار به صورت کامل انجام شده است. این امر حاکی از آن است که مشتق‌گیری روش پیش‌پردازش مناسبی بوده و در ترکیب با روش PCA برای کاهش ابعاد داده، نمونه‌های عسل واقعی را از نمونه‌های تقلبی با دقت ۱۰۰٪ و بدون نیاز به کاربرد سایر روش‌های طبقه‌بندی شناسایی می‌کند. این پژوهش نتایج حاصل از پژوهش انجام شده توسط Chen و همکاران (۲۰۱۱) برای تشخیص عسل تقلبی با کاربرد

روش طیف‌سنجی NIR را تأیید می‌نماید. به منظور پیش‌بینی مقدار قند موجود در نمونه‌های عسل مورد آزمایش با NIR از روش‌های مختلف رگرسیون و پیش‌بینی مانند PLS، PCR و SVR بهره‌گیری شد. انتخاب تعداد مؤلفه‌ها یا



فاکتورهای مناسب با توجه به مقدار خطا و ضریب تعیین انجام شد. بررسی عملکرد روش‌های رگرسیون توسط سه آماره مجذور مربعات میانگین خطا (RMSE)، ضریب تعیین ( $R^2$ ) و نسبت انحراف پیش‌بینی<sup>۶</sup> (RPD) انجام شد. برای عسل مقدار دقت مدل‌های رگرسیونی با توجه به مقدار RPD تعیین شده است (Mouazen & Walaan 2014) که بدین شرح است:  $RPD \leq 1.5$  (مدل ضعیف)،  $1.5 < RPD \leq 2$  (مدل متوسط است و قابلیت تشخیص مقادیر خیلی زیاد را از مقادیر کم دارد)،  $2 < RPD \leq 2.5$  (قدرت پیش‌بینی خوب)،  $2.5 < RPD \leq 3$  (مدل پیش‌بینی خیلی خوب) و  $RPD \geq 3$  مدلی با قدرت پیش‌بینی عالی ایجاد شده است. همچنین از توابع مختلف هسته برای مدل رگرسیون بردار پشتیبان استفاده شد و در نهایت بهترین هسته برای مدل با توجه به مقدار خطای پیش‌بینی انتخاب شد. جدول ۱ نتایج حاصل از روش‌های مختلف پیش‌بینی و پیش‌پردازش داده را برای طیف‌های NIR نشان می‌دهند. طبق این جدول داده‌های پیش‌پردازش نشده در محدوده ۲۳۰۰-۴۰۰ نانومتر در ترکیب با روش PLS مدلی با قدرت پیش‌بینی خوب (RPD = 2.8) را ایجاد می‌کند. دقت پیش‌بینی سایر روش‌ها برای داده‌های خام در این محدوده طیفی قابل توجه نبوده و مقدار RPD برای آن‌ها کمتر از ۱/۵ است که نشان‌دهنده ضعف مدل‌ها در پیش‌بینی مقدار قند است. داده‌های پیش‌پردازش شده با SNV نیز در ترکیب با روش‌های مختلف پیش‌بینی، مدلی با دقت ضعیف به دست داد. به نظر می‌رسد که این روش، برای پیش‌پردازش داده‌های طیفی به منظور پیش‌بینی مقدار قند موجود در نمونه‌های عسل روشی مناسب نمی‌باشد. روش پیش‌پردازش مشتق اول در ترکیب با روش‌های PLS و Linear-SVM مدل‌های پیش‌بینی به ترتیب با قدرت عالی و خیلی خوب را ارائه نموده است. این امر حاکی از آن است که پیش‌پردازش با مشتق اول روشی مناسب برای پیش‌پردازش طیف‌های NIR بمنظور پیش‌بینی مقدار قند موجود در عسل است. این نتایج با آنچه که توسط Li و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شده است همخوانی دارد. ایشان بهره‌گیری از پیش‌پردازش مشتق اول را روش مناسبی برای اندازه‌گیری مقدار قند در عسل عنوان کرده‌اند. پیش‌پردازش داده‌ها توسط مشتق دوم مدلی با دقت متوسط و ضعیف ایجاد کرد. در روش MSC تمامی مدل‌ها دارای دقت ضعیفی هستند.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش شناسایی عسل تقلبی با ترکیب طیف‌سنجی NIR و تحلیل مولفه‌های اصلی انجام شد. نتایج نشان داد که نمونه‌های عسل تقلبی بصورت رضایت‌بخشی از نمونه‌های عسل خالص تفکیک شده‌اند. طیف‌سنجی NIR در مقایسه با سایر روش‌های مورد کاربرد برای تشخیص عسل تقلبی روشی غیرمخرب، سریع و ارزان است که در صنعت عسل براحتی قابل کاربرد است.

<sup>۶</sup> Ratio of Prediction Deviation



جدول ۱- نتایج پیش‌بینی توسط مدل‌های رگرسیونی در ترکیب با روش‌های مختلف پیش‌پردازش

RPD	RMSE <sub>p</sub>	RMSE <sub>c</sub>	$R_p^2$	$R_c^2$	تعداد مولفه‌ها یا تابع هسته	مدل	پیش‌پردازش
۱/۰۸	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲	۲	PCR	non
۲/۸۰	۰/۰۸۵	۰/۰۶۹	۰/۸۷	۰/۹۱	۱۰	PLS	
۱/۰۸	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۴۷	Linear	SVM	
۱/۱۹	۰/۲	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۴۲	Polynomial		
۱/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۵۷	RBF		
۰/۹۷	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۱	Sigmoid		
۱/۵۳	۰/۱۵۵	۰/۱۳۶	۰/۵۸	۰/۶۶	۲	PCR	SNV
۱/۴۹	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۵۳	۰/۶۳	۱۰	PLS	
۰/۹۹	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۵۲	Linear	SVM	
۰/۹۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۰۰۶	۰/۲۵	Polynomial		
۱/۰۳	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۲۳	RBF		
۰/۹۲	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۰۲۱	۰/۱۳۷	Sigmoid		
۱/۴۹	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۵۴	۰/۷۳	۷	PCR	SG+D1
۳/۴	۰/۰۷	۰/۰۶۲	۰/۸۰	۰/۹۳	۱۰	PLS	
۲/۷۷	۰/۰۸۶	۰/۰۴۹	۰/۸۷	۰/۹۵	Linear	SVM	
۱/۰۸	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۳	۰/۳۹	Polynomial		
۱/۷	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۶	۰/۷۷	RBF		
۱/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۵۸	۰/۷۱	Sigmoid		
۱/۷	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۶۶	۰/۷	۷	PCR	SG+D2
۱/۸۴	۰/۱۲۹	۰/۱۰۷	۰/۷۰	۰/۷۹	۴	PLS	
۱/۷	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۶۷	۰/۹۷	Linear	SVM	
۰/۹۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۶۹	Polynomial		
۱/۴۹	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۷۱	۰/۸۱	RBF		
۱/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۵۸	۰/۷۱	Sigmoid		
۱/۲۹	۰/۱۸۵	۰/۱۶۵	۰/۴۲	۰/۵۵	۱۰	PCR	SG+MSC
۱/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۵۳	۸	PLS	
۱/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۳۸	۰/۲۳	۰/۴۴	Linear	SVM	
۰/۹۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۶۹	Polynomial		
۱/۴۹	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۷۱	۰/۸۱	RBF		
۱/۳۳	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۶۷	۰/۷۴	Sigmoid		



1. Anonymous. 2012. <http://www.ettelaat.net/08-november/news.asp?id=33096>.
2. Allsop, K. A. & Miller, J. B. 1996. Honey revisited: a reappraisal of honey in pre-industrial diets. *British Journal of Nutrition*, 75(04), 513-520.
3. Bertelli, D., Plessi, M., Sabatini, A.G., Lolli, M., & Grillenzoni, F. 2007. Classification of Italian honeys by mid-infrared diffuse reflectance spectroscopy (DRIFTS). *Food Chemistry*. 101 (4), 1565–1570.
4. Bogdanov, S., Ruoff, K. & Persano Oddo, L. 2004. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl 1), 4-17.
5. Cabañero, A.I., Recio, J.L., Rupérez, M. 2006. Liquid chromatography coupled to isotope ratio mass spectrometry: a new perspective on honey adulteration detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (26), 9719–9727.
6. Chen, G., Huang, Y., & Chen, K. 2014. Recent Advances and Applications of Near Infrared Spectroscopy for Honey Quality Assessment. *Advance Journal of Food Science and Technology* 6(4): 461-467.
7. Chen, L., Xue, X., Ye, Z., Zhou, J., Chen, F., & Zhao, J. 2011. Determination of Chinese honey adulterated with high fructose corn syrup by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. 128(4), 1110–1114.
8. Cordella, C., Faucon, J.P., Cabrol-Bass, D., & Sbirrazzuoli, N. 2003. Application of DSC as a tool for honey floral species characterization and adulteration detection. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 71 (1), 279–290.
9. Cotte, J.F., Casabianca, H., Lheritier, J., Perrucchietti, C., Sanglar, C., Waton, H., et al. 2007. Study and validity of C-13 stable carbon isotopic ratio analysis by mass spectrometry and H-2 site-specific natural isotopic fractionation by nuclear magnetic resonance isotopic measurements to characterize and control the authenticity of honey. *Analytica Chimica Acta* 582 (1), 125–136.
10. Li, S.F., Y. Shan, X. Zhang, X.R. Zhu & G.Y. Li. 2011. Analysis of honey adulterated with glucose solution near infrared spectroscopy. *Food Research Developments*. 32(5): 114-119. 2011.
11. Louveaux J., Maurizio A., & Vorwohl G. *Methods of Melissopalynology*. 1978. *Bee World*. 59, 139– 157.
12. Moralesa, V., Corzoa, N., & Sanzb, M.L. 2008. HPAEC-PAD oligosaccharide analysis to detect adulterations of honey with sugar syrups. *Food Chemistry* 107 (2), 922– 928.
13. Mouazen, A.M., & Al-Walaan, N. 2014. Glucose adulteration in Saudi honey with visible and near infrared spectroscopy. *International Journal of Food Properties*. 17, 37-41.
14. Padovana, G.J., De Jongb, D., Rodriguesa, L.P., & Marchinia, J.S. 2003. Detection of adulteration of commercial honey samples by the 13C/12C isotopic ratio. *Food Chemistry* 82 (4), 633–636.
15. Zhu, X., Li, S., Shan, Y., Zhang, Z., Li, G., Su, D., & Liu, F. 2010. Detection of adulterants such as sweeteners materials in honey using near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of Food Engineering*. 101(1), 92–97.





نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## Adulterated honey detection using NIR spectroscopy

### Abstract

This study investigate application of NIR spectroscopy for honey adulteration detection. NIR spectrum of pure and adulterated honeys (with different sugar concentrations) were acquired in transmittance mode (400-2300 nm). Different preprocessing methods were applied. Principal component analysis were used for dimensionality reduction and discrimination between pure and adulterated honey. Results showed that preprocessing by first and second derivative in combination with principal component analysis are able to discriminate between pure and adulterated honey. This study show the efficiency of NIR spectroscopy as a fast and nondestructive method to honey adulteration detection.

**Keywords:** Preprocessing, Principal component analysis, adulterated honey.