

بررسی میزان فلزات سنگین، آفلاتوکسین و آلودگی میکروبی در محصول خرماهای سایر

روح الله شیرعلی پور^{a*}، مریم البرزی^b، الناز فتحی زاده^c

^aدکتری تخصصی شیمی تجزیه، مرکز تحقیقات ارزیابی ایمنی در فرآورده های غذایی و دارویی کشور، اهواز، ایران
^bکارشناس ارشد شیمی تجزیه، آزمایشگاه سم شناسی کنترل غذا و دارو اهواز، اهواز، ایران
^cکارشناس ارشد صنایع غذایی، آزمایشگاه میکروبیولوژی کنترل غذا و دارو اهواز، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۹/۱۵

۸۷

چکیده

مقدمه: مطابق مطالعات تغذیه ای، خرما ارزش غذایی زیادی دارد و از طرف دیگر به دلیل تولید زیاد آن در کشور قابلیت تبدیل به یک محصول صادراتی استراتژیک را دارد. خرما سهم قابل توجهی را در سبد غذایی انسان ها در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران به خود اختصاص داده است. از این رو، پایش کیفیت و سلامت این محصول طبیعی امری ضروری می باشد.

مواد و روش ها: در این پژوهش، ۱۵ نمونه از خرماهای سایر با علامتهای تجاری مختلف عرضه شده در سطح شهرستان اهواز در پاییز ۱۳۹۱ برای بررسی میزان فلزات سنگین شامل سرب و کادمیم، ریز مغذی ها شامل آهن، مس و روی، سموم قارچی آفلاتوکسین B و G و آلودگی میکروبی شامل مخمر و کپک گردآوری شد. آماده سازی نمونه ها و اندازه گیری های انجام شده بر اساس روش های استاندارد انجام شد.

یافته ها: مقدار میانگین عناصر سرب، کادمیم، آهن، روی و مس به ترتیب برابر با ۰/۰۶۲، ۰/۰۴۰، ۴/۶، ۱/۵ و ۲/۵ میکروگرم بر گرم به دست آمد. مطابق آزمایش های انجام شده، در هیچکدام از نمونه های گردآوری شده آفلاتوکسین تشخیص داده نشد. همچنین، نتایج به دست آمده از آزمایش های میکروبی وجود مخمر و کپک را در هیچکدام از نمونه ها، بجز یکی از آنها که میزان کپک در آن بالاتر از حد مجاز بود، اثبات نمود.

نتیجه گیری: مطابق نتایج به دست آمده، خرماهای سایر توزیع شده در اهواز با ضریب اطمینان خوبی سالم و ایمن برای استفاده تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: آفلاتوکسین، خرماهای سایر، ریزمغذی ها، فلزات سنگین، کپک، مخمر

مقدمه

خرما (*Phoenix dactylifera L.*) سهم قابل توجهی در سبد غذایی مردم در بسیاری از کشورهای جهان و از جمله ایران دارد. استفاده از خرما در دین مبین اسلام بسیار توصیه شده است. این ماده غذایی طبیعی همچنین، نقش مهمی را در درآمدهای غیر نفتی کشورهای تولید کننده خرما ایفا می‌کند. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۰ میلادی، ایران بیشترین سهم تولید خرما را در بین کشورهای تولید کننده خرما به خود اختصاص داده است (Hui, 2006). با توجه به حجم بالای تولید این محصول استراتژیک و نقش موثر آن در تغذیه انسان، ضروری می‌نماید که کیفیت این محصول خدادادی مورد بررسی قرار گیرد. شایسته است که کنترل کیفیت خرما توسط مسئولان مربوط مورد توجه قرار بگیرد تا هم از یک سو سلامت آن تضمین شود و هم از دیگر سو در رقابت با دیگر کشورهای تولید کننده خرما در بازار جهانی دارای کیفیت قابل قبول مطابق با استانداردهای بین المللی باشد.

خرما به عنوان یکی از محصولات غنی از مواد معدنی شناخته می‌شود. ترکیب شیمیایی میوه خرما به شدت از میزان حاصلخیزی خاک و کودهای کشاورزی تاثیر می‌پذیرد (Hui, 2006). همراه با مواد معدنی، عناصر فلزی هم از همین راه وارد بافت اورگانیک میوه خرما می‌شود. از فلزات سنگین موجود مس، روی و آهن جزء عناصر ضروری و سرب و کادمیم از دسته عناصر غیر ضروری و زیان‌آور برای بدن انسان می‌باشند. مس یکی از ریزمغذی‌های ضروری است که در سلامت انسان نقش مهمی دارد. انسان برای حفظ سلامت قلب و کبد، استحکام استخوان و تکامل مغزی خود به مس نیاز دارد. جذب و استفاده از آهن و ساخته شدن بسیاری از آنزیم‌ها در بدن به مس نیاز دارد. مس به مهار کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن - که توانایی وارد کردن صدمات جدی به سلول‌های بدن دارند - کمک می‌کند. بنابراین، مس دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است. مس نیز مانند سایر ریزمغذی‌ها در بدن ساخته نمی‌شود و باید از طریق رژیم غذایی تامین شود (Ensminger, 1995). عنصر روی نیز جزء عناصر معدنی ضروری است که بدن ما به آن نیاز دارد. بیشترین مقدار روی در چشم، پانکراس و پوست ذخیره شده

بررسی میزان فلزات سنگین، آفلاتوکسین و آلودگی میکروبی خرماهای سایر

است و به همین دلیل از ضایعات پوستی، آگزما و عارضه‌های دیگر پوستی جلوگیری می‌کند. فلز روی آنتی‌اکسیدانی است که در واکنش‌های اکسیداتیو استرس نقش مهمی بازی می‌کند (Ensminger, 1995). آهن عنصر معدنی دیگری است که اهمیت تغذیه‌ای فراوانی دارد. آهن در جابجایی اکسیژن از ریه‌ها به تمام سلول‌ها و برگرداندن دی‌اکسید کربن از آنها به ریه‌ها نقش حیاتی دارد. آهن موجود در میوگلوبین وظیفه دریافت اکسیژن محلول در خون برای ماهیچه‌ها را دارد (Ensminger, 1995). سرب یک فلز سمی است که به دلیل عدم نیاز به آن در ساختارهای بیولوژیک و بدن موجودات زنده، به عنوان یک عنصر زیان‌آور در نظر گرفته می‌شود. بیشترین خطر سرب مربوط به مسمومیت در سیستم عصبی و بیشترین افراد جمعیت که از سرب متضرر می‌شوند کودکان می‌باشند. اصلی‌ترین راه آلودگی به سرب برای افراد عادی غذا و منابعی است که آلودگی‌های اضافی را در محیط پیرامونی ایجاد می‌کند (Deshpande, 2002). برای افراد عادی جمعیت، منبع اصلی ورود کادمیم به بدن از راه غذا می‌باشد. گیاهان آمادگی جذب کادمیم از خاکی را دارند که از طریق هوا، آب آبیاری و کود به کادمیم آلوده شده است. کادمیم با چسبیدن به سلول‌های قرمز خونی و پروتئین‌های با وزن مولکولی بالا در پلاسما و به طور اخص آلبومین‌ها در خون جا به جا می‌شود و در کبد و کلیه‌ها ذخیره می‌گردد. کادمیم می‌تواند باعث ایجاد عوارض در ریه، کلیه، قلب و استخوان در دراز مدت شود (Deshpande, 2002).

خرما همچون دیگر مواد غذایی در صورتی که در شرایط مناسب نگهداری نشود به منبع مناسبی برای فعالیت و رشد میکروارگانیسم‌ها تبدیل می‌شود. سم آفلاتوکسین که به دو گروه B و G تقسیم می‌شود، از دسته مواد شیمیایی خطرناک است که از طریق فعالیت قارچ آسپرژیلوس فلاووس موجود در مواد غذایی تولید و در بافت چربی دوست آنها ماندگار می‌شود. این سم خطرناک در موجودات زنده باعث ایجاد جهش ژنی و سرطان زایی می‌شود. سمی‌ترین آفلاتوکسین از این گروه B₁ است. میزان سمی بودن سه مولکول باقیمانده به ترتیب $G_1 < B_2 < G_2$ می‌باشد. با وجود اینکه منشا عمده وجود این سموم عمدتاً در دانه‌های غلات و حبوبات است، بررسی‌های به عمل آمده وجود آنها را در میوه خرما نیز

نشان داده است (Vries, 1997).

- تجهیزات

دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم شعله‌ای و کوره‌ای از شرکت Varian (Australia) با مدل AA240FS برای آنالیز فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفت. تنظیمات مربوط به دستگاه جذب اتمی برای عناصر گوناگون در جدول ۱ آورده شده است. دستگاه HPLC از شرکت Waters (USA) مجهز به ستون C₁₈ (Waters, USA) و اتوسمپلر به همراه آشکارساز فلورئورسانس (با طول موج برانگیختگی و نشر به ترتیب برابر ۳۶۵ و ۴۳۵ نانومتر) و سیستم مشتق ساز پس از ستون kobracell برای آنالیز افلاتوکسین‌ها مورد استفاده قرار گرفت. انکوباتور با قابلیت تنظیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (Memmert, Germany) برای انجام آزمایشهای میکروبی و ترازو دیجیتال ۰/۰۰۰۱ گرم (Sartorius, Germany) برای توزین به کار گرفته شد. کلیه لوازم حجمی مورد استفاده از نوع A بودند.

از نظر میکروبیولوژی، میکروارگانیسم‌هایی که بیشترین امکان رشد و تکثیر در خرما را دارند کپک و مخمرها هستند. کپک‌ها آن دسته از قارچ‌ها هستند که اگرچه بیماری خطرناکی ایجاد نمی‌کنند اما گاهی در شرایط ضعیف بودن سیستم ایمنی بدن، قابلیت تولید مواد سمی را دارند که برای انسان‌ها بسیار مضر و حتی کشنده است. مواد سمی تولید شده به دمای بالا مقاوم است و حتی فرایند پخت نیز نمی‌تواند آنها را نابود کند. مخمر موجود زنده ای است که با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شود و باید آن را زیر میکروسکوپ مشاهده نمود. ۳۴۹ گونه مختلف از مخمرها وجود دارد که می‌توانند شکر را به گاز کربن دی‌اکسید و الکل تبدیل کنند. مخمرها آنزیم‌هایی از خود ترشح می‌کنند که می‌توانند قندها، پروتئین‌ها، چربی‌ها را بشکنند و آن‌ها را مورد استفاده قرار دهند (Vries, 1997).

در این تحقیق ویژگی‌های سلامت محور محصول خرما را یکی از واریته‌های پر مصرف در استان خوزستان است، توسط نگارندگان مورد بررسی قرار گرفت. این ویژگی‌ها عبارتند از: میزان عناصر فلزی ریزمغذی شامل آهن، مس و روی، فلزات سنگین شامل سرب و کادمیم، سموم قارچی شامل افلاتوکسین‌های گروه B و G و آلودگی میکروبی شامل کپک و مخمر.

- نمونه برداری

برای بررسی کیفیت خرما سایر عرضه شده در شهرستان اهواز، ۱۵ نمونه مستقل از این محصول از مناطق مختلف تهیه شد (شکل ۱). به دلیل وسعت شهرستان اهواز و عدم امکان تهیه نمونه از همه مراکز عرضه خرما، برای انتخاب محل تهیه و میزان نمونه از روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۳۶ مربوط به نمونه‌برداری از فرآورده‌های کشاورزی بسته بندی شده با مصرف غذائی (بی نام، ۱۳۷۳) استفاده شد. به این منظور، نخست شهرستان اهواز از نظر جغرافیای جمعیتی بررسی و به ۱۵ بخش تقسیم گردید. سپس، مراکز فروش خرما سایر شناسایی و با استفاده از روش جدول اعداد تصادفی نقاط نمونه برداری گزینش شد. نمونه‌های تهیه شده از فروشگاهها در هر منطقه با یکدیگر مخلوط و با استفاده از روش استاندارد نمونه برداری از مواد جامد یک نمونه نماینده تهیه و تا پیش از انجام آزمایش در ظرف درب بسته و در مکان مناسب از نظر دما و رطوبت نگه داری گردید. بدین ترتیب، در نهایت فقط ۱۵ نمونه از سطح شهرستان اهواز به دست آمد.

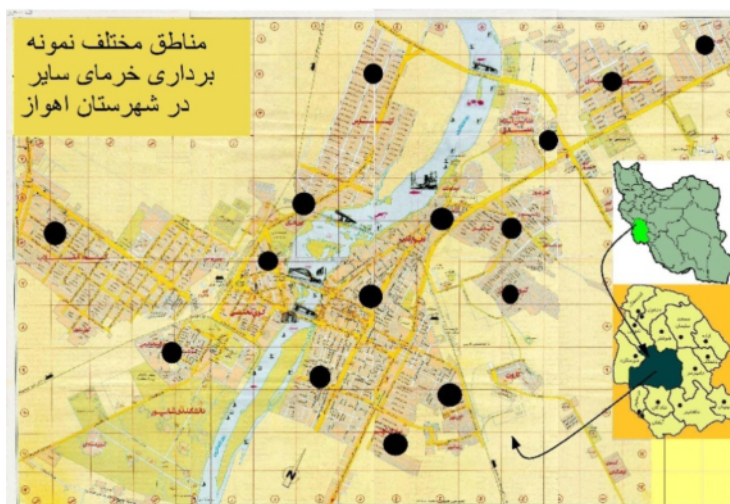
مواد و روش‌ها

- مواد شیمیایی مورد استفاده

کلیه آنالیزها با آب دو بار تقطیر با مقاومت الکتریکی بیشتر از ۱۸ مگا اهم انجام شد. محلول‌های استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سرب، کادمیم، روی، مس و آهن (Merck, Germany)، نیتریک اسید ۶۵٪ (Merck, Germany)، پودرهای استاندارد سموم افلاتوکسین گروه B و G (Sigma, Swiss)، ستون ایمونوآفینیته مخصوص افلاتوکسین‌های B و G (Vicam, USA)، متانول مخصوص کروماتوگرافی (Merck, Germany)، سدیم کلرید (Merck, Germany)، محیط‌کشت سابروز دکستروز آگار (Merck, Germany)، کلرامفنیکل (Sigma, Swiss) و قرص رینگر (Merck, Germany) مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- پارامترهای قابل تنظیم دستگاه جذب اتمی برای عناصر سرب، کادمیم، مس، روی و آهن

پارامترهای قابل تنظیم	سرب	کادمیم	مس	روی	آهن
طول موج بهینه (nm)	۲۱۷/۰	۲۲۸/۸	۳۲۴/۷	۲۱۳/۹	۲۴۸/۳
عرض شکاف (nm)	۰/۵	۰/۲	۰/۴	۱/۰	۰/۲
جریان لامپ (mA)	۵	۴	۳	۷	۵



شکل ۱- مناطق مختلف نمونه برداری خرما در شهرستان اهواز

استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شد. در نمونه‌های با غلظت بیش از محدوده خطی منحنی استاندارد از روش رقیق‌سازی مرحله‌ای برای اندازه‌گیری استفاده شد.

– سموم قارچی آفلاتوکسین B و G

آنالیز سموم آفلاتوکسین گروه B و G مطابق با روش استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۷۲ (بی‌نام، ۱۳۹۰) و مقایسه نتایج به دست آمده با حد مجاز (آفلاتوکسین B₁ و مجموع به ترتیب برابر ۵ و ۱۵ نانوگرم بر گرم) بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵۹۲۵ (بی‌نام، ۱۳۸۰) انجام پذیرفت. به طور خلاصه، به ۶۰ گرم از نمونه خرما ۱/۵ برابر وزن آن آب افزوده و با مخلوط کن تا بدست آمدن خمیر یکنواخت مخلوط شد. ۱۲۵ گرم از خمیر بدست آمده توزین و به آن ۵ گرم نمک سدیم کلرید اضافه شد. بعد از افزودن متانول ویژه کروماتوگرافی، خمیر به مدت ۳۰ دقیقه با شیکر ارلن هم زده شد. در ادامه مخلوط از صافی عبور داده شد و ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره زیر صافی با ۱۳۰ میلی‌لیتر آب رقیق شد. پس از آن محلول رقیق شده با صافی کاغذی ۰/۴۵ میکرومتر، صاف و آماده عبور از ستون ایمونوآفینیتی شد. سپس ۷۵ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده از ستون

– آماده سازی نمونه ها و اندازه گیری

– فلزات سنگین

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، از روش استاندارد AOAC ۹۹۹/۱۱ استفاده شد (AOAC, 2012). بدین ترتیب که ۵ گرم از نمونه توزین و پس از سوزاندن روی شعله درون کوره الکتریکی قرار داده شد. مطابق روش کار استاندارد، شیب افزایش دمایی جهت رسیدن به دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد که دمای بیشینه خاکستر سازی است، ۵۰ درجه سانتی‌گراد در هر ساعت می‌باشد که با تنظیم زمان دستگاه بر روی ۹ ساعت این امر محقق شد. پس از رسیدن به دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد نمونه به مدت ۸ ساعت در همان دما نگه داشته شد. بعد از سپری شدن دمای مورد نظر، نمونه‌ها از کوره خارج و به دسیکاتور منتقل شدند تا به دمای محیط برسند. بر روی نمونه‌های خاکستر شده میزان ۲ میلی‌لیتر نیتریک اسید ۶۵٪ اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته شد تا نمونه کاملاً هضم شود. مخلوط هضم شده از کاغذ صافی واتمن ۴۱ عبور داده شد. نمونه صاف شده درون بالن ۵۰ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانده شد. سرب و کادمیم موجود درون نمونه با استفاده از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی و آهن، مس و روی با

در هر گرم نمونه محاسبه گردید. مقادیر به دست آمده با حد مجاز و استاندارد کپک و مخمر مقایسه شدند.

- تعیین ارقام شایستگی

جهت اندازه گیری میزان عناصر سرب، کادمیم، آهن، روی و مس منحنی استاندارد هر عنصر از ۵ بار تکرار برای هر غلظت استاندارد رسم شد. منحنی های استاندارد مذکور با در نظر گرفتن ضریب رقت در آماده سازی نمونه به دست آمد. لازم به ذکر است که محلول های استاندارد در هر روز کاری به صورت تازه تهیه شده اند. برخی ارقام شایستگی مربوط به عناصر فوق الذکر در جدول ۲ آورده شده است. همچنین، اندازه گیری میزان افلاتوکسین های B و G در نمونه های خرمای سایر با استفاده روش معتبر شده در آزمایشگاه با روش کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا انجام شد که برخی ارقام شایستگی مربوط به این روش در جدول ۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که منحنی استاندارد هر سم افلاتوکسین از ۳ بار تکرار برای هر غلظت رسم شد. منحنی های استاندارد مذکور با در نظر گرفتن ضریب تغلیظ در آماده سازی نمونه به دست آمد.

ایمونوفینیتی عبور داده شد. در نهایت ستون با ۲/۵ میلی لیتر متانول در ۳ مرحله برای بازیابی سموم افلاتوکسین موجود در ستون ایمونوفینیتی شستشو داده شد. محلول شویش شده با اضافه کردن آب به حجم نهایی ۳ میلی لیتر رسانده و آماده آنالیز با دستگاه HPLC شد.

- کپک و مخمر

آماده سازی نمونه ها و شمارش کپک و مخمر در آنها بر اساس روش استاندارد ملی ۱۰۸۹۹-۱ (بی نام، ۱۳۸۷) و مقایسه نتایج به دست آمده با حد مجاز بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۱۷ (بی نام، ۱۳۹۲) انجام شد. به طور خلاصه، ابتدا ۱۰ گرم از نمونه های ارسالی به آزمایشگاه با ۹۰ میلی لیتر محلول رینگر مخلوط و سپس رقت های متوالی (با اختلاف اعشاری ده برابر) تهیه شد. در ادامه از هر رقت ۰/۵ میلی لیتر به سطح پلیت های حاوی محیط کشت استریل سابروز دکستروز آگار دارای کلرامفنیکل اضافه گردید. همه پلیت ها در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۵ روز انکوبه شده و در انتها کلنی های رشد یافته به روش کلی شمارش کپک و مخمر شمارش و میزان آلودگی

جدول ۲- نتایج مربوط به ارقام شایستگی عناصر اندازه گیری شده در نمونه های خرمای سایر (نتایج تکرارپذیری برای نمونه شماره ۲ آورده شده است؛ میزان سرب: $0.065 \mu\text{g g}^{-1}$ ، کادمیم: $0.034 \mu\text{g g}^{-1}$ ، آهن: $1.3 \mu\text{g g}^{-1}$ ، مس: $0.3 \mu\text{g g}^{-1}$ و روی: $2.9 \mu\text{g g}^{-1}$)

ارقام شایستگی	سرب	کادمیم	آهن	مس	روی
دامنه اندازه گیری ($\mu\text{g g}^{-1}$)	۰/۰۳-۰/۵	۰/۰۰۵-۰/۰۵	۱/۵-۱۰۰/۰	۰/۳-۵۰/۰	۱/۰-۲۰/۰
معادله منحنی استاندارد ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$y=0.6729x+0.01$	$y=8.9867x+0.0052$	$y=0.0045x+0.0027$	$y=0.0058x+0.0047$	$y=0.0297x+0.0141$
ضریب همبستگی	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷
حد تشخیص ($\mu\text{g g}^{-1}$)	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۰۵
حد اندازه گیری ($\mu\text{g g}^{-1}$)	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱۸	۱/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۸
تکرارپذیری (%)	۵/۰	۳/۹	۷/۶	۴/۹	۵/۵

جدول ۳- نتایج مربوط به ارقام شایستگی اندازه گیری افلاتوکسین های B و G در نمونه های خرمای سایر (نتایج % تکرارپذیری از spike غلظت های 4 ng g^{-1} برای G_1 و B_1 و 1 ng g^{-1} برای G_2 و B_2 به دست آمده است.)

ارقام شایستگی	G_2	G_1	B_2	B_1
دامنه اندازه گیری (ng g^{-1})	۱-۱۶	۲-۶۴	۱-۱۶	۲-۶۴
معادله منحنی استاندارد (ng g^{-1})	$y=157.06x+2321$	$y=16349x+6637$	$y=52529x+3828$	$y=26964x+2558$
ضریب همبستگی	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
حد تشخیص (ng g^{-1})	۰/۱۶	۰/۴۲	۰/۰۹	۰/۱۱
حد اندازه گیری (ng g^{-1})	۰/۵۳	۱/۳۹	۰/۳۰	۰/۳۵
تکرارپذیری (%)	۳/۴	۱/۲	۱/۸	۲/۱

بررسی میزان فلزات سنگین، آفلاتوکسین و آلودگی میکروبی خرماهای سایر

یافته‌ها

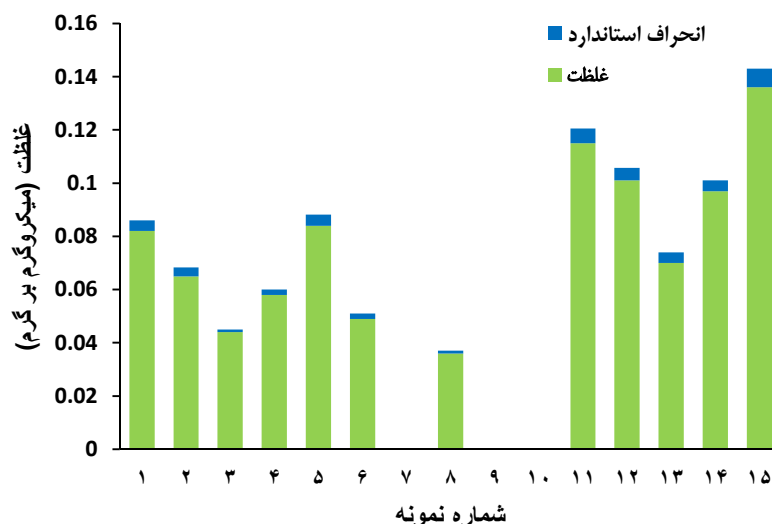
اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی ۱۵ نمونه خرماهای سایر تهیه شده از بازار نشان داد که میزان سرب، کادمیم، آهن، مس و روی موجود در خرما به ترتیب در محدوده ۰/۱۳۶-۰/۰۳۶، ۰/۰۸۴-۰/۰۰۶، ۰/۱-۰/۱۳، ۰/۳-۰/۲/۸ و ۰/۴/۴-۱/۸ میکروگرم بر گرم می‌باشد. میزان عناصر ذکر شده برای ۱۵ نمونه جمع‌آوری شده در شکل‌های شماره ۲ تا ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل از بررسی میزان سرب و کادمیم و مقایسه میانگین آنها (سرب: ۰/۰۶۲ و کادمیم: ۰/۰۴۴ میکروگرم بر گرم) با حد مجاز اعلام شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۶۸ (سرب: ۰/۱۰۰ و کادمیم: ۰/۰۵۰ میکروگرم بر گرم) نشان داد که اختلاف معنی داری بین نتایج به دست آمده با حد مجاز در سطح اطمینان بیشتر از ۹۵٪ وجود ندارد. برای حصول اطمینان از صحت عملکرد روش در نمونه‌های خرما، مقدار معینی از هر کدام از عناصر در دو سطح غلظتی به نمونه‌های همگن شده خرما افزوده شد (سرب: ۰/۰۵۰ و ۰/۱۰۰، کادمیم: ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵۰، آهن: ۵/۰ و ۱۰/۰، مس: ۱/۰ و ۲/۰ و روی: ۲/۰ و ۴/۰ میکروگرم بر گرم) و در ادامه میزان بازیابی برای هر کدام محاسبه گردید. نتایج مربوط به بازیابی عناصر در نمونه‌های خرما در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

آنالیز آفلاتوکسین‌های B و G در نمونه‌های مذکور وجود این سموم چهارگانه را نشان نداد. برای مثال کروماتوگرام مربوط به یکی از نمونه‌ها در شکل ۷ آورده شده است. برای اطمینان از صحت انجام آنالیز، به سه نمونه از مجموع نمونه‌ها سم آفلاتوکسین B1 و مجموع در دو سطح غلظتی افزوده و درصد بازیابی در آنها بررسی شد. نتایج بازیابی به دست آمده (جدول ۶) برای آفلاتوکسین B1 و مجموع در دامنه قابل قبولی قرار داشت. نتیجه نهایی، اندازه‌گیری عدم تشخیص سموم قارچی آفلاتوکسین درون نمونه‌های خرما بود.

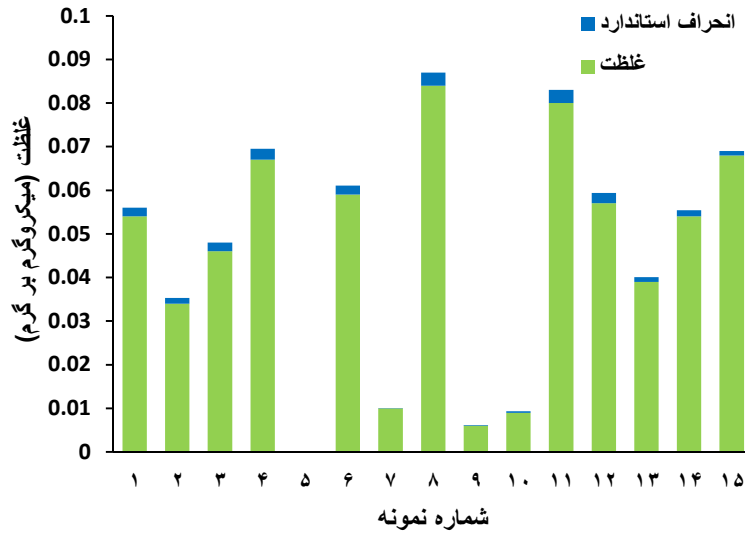
در مورد اندازه‌گیری کپک و مخمر، از مجموع ۱۵ نمونه آزمایش شده فقط یک نمونه آلودگی به کپک (بالاتر از حد مجاز) را نشان داد. در همین یک مورد این میزان برابر 10^3 cfu/g به دست آمد. در بقیه نمونه‌ها برای کپک و همچنین برای مخمر میزان تعیین شده زیر 500 cfu/g (در محدوده مجاز) گزارش گردید.

بحث

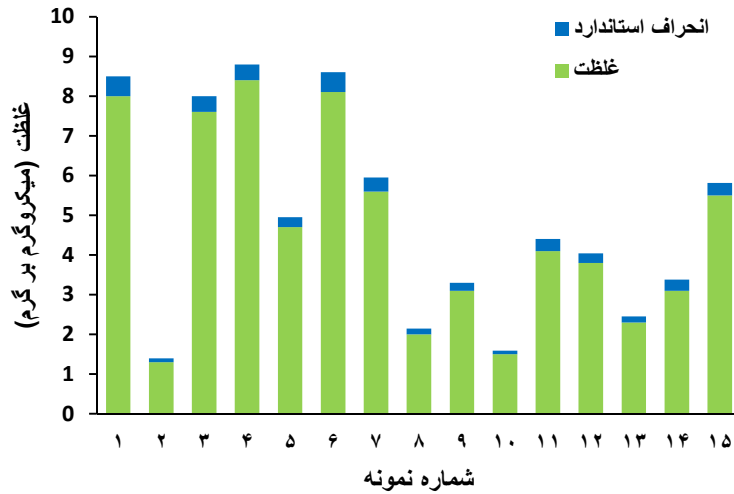
مقایسه نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه‌های خرما جمع‌آوری شده در شهرستان اهواز با نتایج حاصل از آنالیز خرما در کشورهای دیگر (جدول ۷) نشان داد که محصول خرما عرضه شده در بازار اهواز نسبت به دیگر مناطق مورد ارزیابی از سلامت کافی برخوردار است.



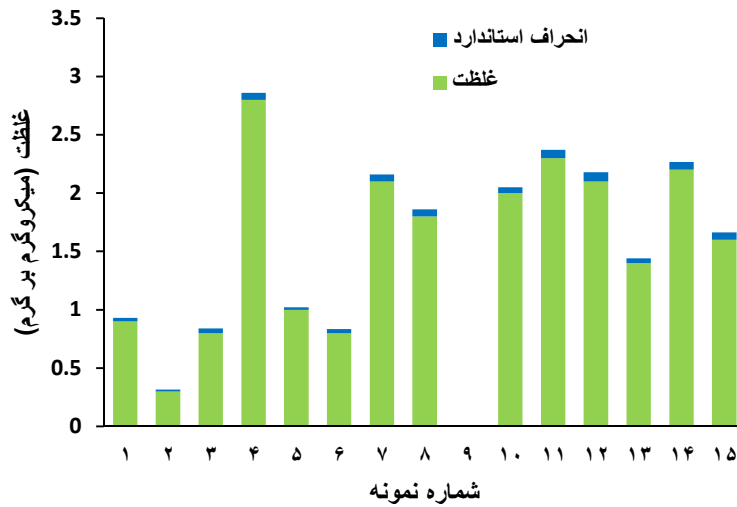
شکل ۲- میزان سرب موجود در ۱۵ نمونه خرماهای سایر جمع‌آوری شده از سطح شهرستان اهواز



شکل ۳- میزان کادمیم موجود در ۱۵ نمونه خرماي ساير جمع آوري شده از سطح شهرستان اهواز

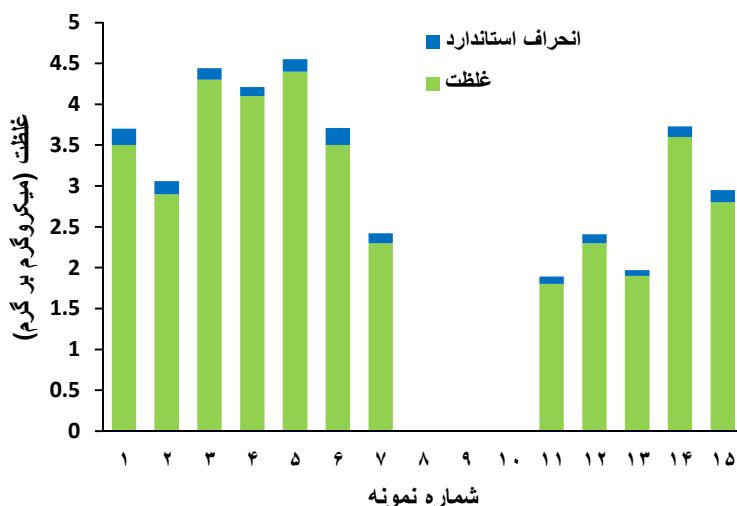


شکل ۴- میزان آهن موجود در ۱۵ نمونه خرماي ساير جمع آوري شده از سطح شهرستان اهواز



شکل ۵- میزان مس موجود در ۱۵ نمونه خرماي ساير جمع آوري شده از سطح شهرستان اهواز

بررسی میزان فلزات سنگین، آفلاتوکسین و آلودگی میکروبی خرمای سایر



شکل ۶- میزان روی موجود در ۱۵ نمونه خرمای سایر جمع آوری شده از سطح شهرستان اهواز

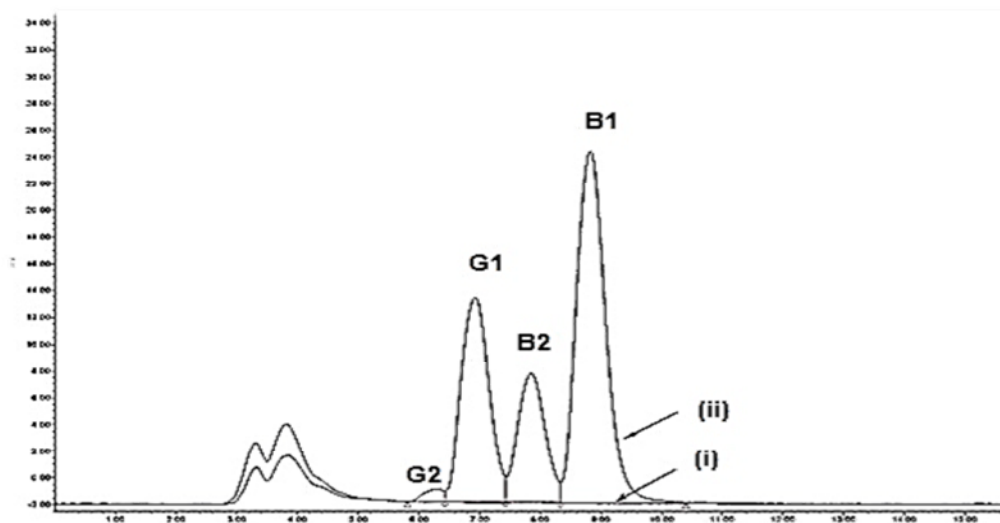
جدول ۴- درصد بازیابی عناصر سرب و کادمیم در نمونه خرمای سایر جمع آوری شده در شهرستان اهواز

نمونه	مقدار Spike سرب ($\mu\text{g g}^{-1}$)		مقدار Spike کادمیم ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
	۰/۰۵۰	۰/۱۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۵۰
۱	۹۷/۵	۹۹/۵	۹۹/۵	۹۹/۱
۸	۹۶/۲	۹۹/۴	۹۹/۹	۱۰۲/۳
۱۳	۹۹/۳	۱۰۱/۵	۱۰۰/۵	۹۹/۶

جدول ۵- درصد بازیابی عناصر آهن، مس و روی در نمونه خرمای سایر جمع آوری شده در شهرستان اهواز

نمونه	مقدار Spike آهن ($\mu\text{g g}^{-1}$)		مقدار Spike مس ($\mu\text{g g}^{-1}$)		مقدار Spike روی ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
	۵/۰	۱۰/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۴/۰
۲	۹۸/۵	۹۹/۶	۹۷/۵	۹۹/۸	۹۵/۹	۹۷/۶
۵	۱۰۱/۲	۹۹/۸	۹۸/۶	۹۹/۵	۹۹/۴	۹۹/۲
۱۲	۹۹/۹	۹۸/۴	۹۹/۵	۱۰۱/۴	۹۶/۸	۹۹/۸

۹۴



شکل ۷- کروماتوگرام مربوط به سموم آفلاتوکسین B و G نمونه خرمای سایر شماره ۲ در حالت معمولی (i: non-spiked) و اضافه شده (ii: spiked) به نمونه

جدول ۶- درصد بازیابی روش اندازه گیری افلاتوکسین در نمونه های خرمای سایر (میزان افلاتوکسین اضافه شده به نمونه ها برای B₁ و مجموع در دو سطح غلظتی بر حسب نانوگرم بر گرم)

نمونه	افلاتوکسین B ₁		افلاتوکسین مجموع	
	۲	۴	۱۰	۲۰
شماره ۲	۹۰/۰	۹۲/۳	۹۸/۱	۹۹/۲
شماره ۷	۹۳/۲	۹۴/۴	۹۹/۴	۱۰۱/۵
شماره ۱۱	۹۴/۵	۹۶/۸	۹۹/۱	۱۰۰/۵

میکروارگانیسیمها اثر بازدارندگی دارد. از اینرو، دمای پایین تاثیر زیادی بر کنترل افزایش آلودگی میکروبی دارد. با گذشت زمان، میزان میکروارگانیسیمها در شرایط دمای محیط بیشتر می شود، اگرچه کاهش دما تاثیر محسوسی در کنترل بار میکروبی محصول خرما نگهداری شده دارد (محمدرضا عدالتیان، ۱۳۸۷).

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت استراتژیک این محصول کشاورزی باید کنترل کیفیت مستمر و ادواری انجام پذیرد تا به سلامت محصول اطمینان پیدا کرد. همچنین، در صورت وجود مشکل در کیفیت محصول باید علتها و عوامل زیان آور موثر بر تولید خرما در مراحل اولیه کشت تا بسته بندی نهایی بررسی و رفع گردد.

سیاسگزاری

نگارندگان از مجموعه آزمایشگاه کنترل مواد غذایی، آشامیدنی و آرایشی- بهداشتی معاونت غذا و دارو اهواز مراتب قدردانی خود را اعلام می نمایند و آنها را در نگارش این مقاله سپهیم می دانند.

نتایج به دست آمده از اندازه گیری عناصر فلزی نشان داد که خرما عرضه شده در شهرستان اهواز به طور معناداری دارای آلودگی به فلزات سنگین سرب و کادمیم نمی باشد. به دلیل وجود کربوهیدرات و آب در ساختار شیمیایی خرما، محیط مناسبی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسیمها فراهم می گردد (Hui, 2006). به طور کلی چند عامل در آلودگی میکروبی خرما مؤثر است که مهمترین آنها عبارتند از رقم خرما، دما و زمان. با توجه به اینکه در انواع واریته های خرما، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن تغییر می کند، بار میکروبی نهایی آنها نیز متفاوت از یکدیگر خواهد بود. سرعت رشد میکروارگانیسیمها در خرما به عواملی همچون میزان رطوبت درونی و pH و بار میکروبی اولیه بستگی دارد. بدین صورت که هر چه میزان رطوبت درونی و بار میکروبی اولیه بیشتر و pH به سمت خنثی نزدیکتر باشد، رشد میکروارگانیسیمها بیشتر و در نتیجه بار میکروبی نهایی بالاتر خواهد بود. هر میکروارگانیسیم برای رشد خود به شرایط دمایی خاصی نیاز دارد. نگهداری محصول خرما در دمای محیط (۳۰-۲۵ درجه سانتی گراد) شرایط را برای رشد میکروارگانیسیمهایی همچون کپک و مخمر فراهم می کند. دمای پایین (۴ درجه سانتی گراد) بر سرعت رشد

جدول ۷- نتایج حاصل از آنالیز عناصر معدنی، سموم قارچی و آلودگی میکروبی در نمونه های خرما موجود در مناطق دیگر مورد

بررسی

منطقه بررسی	آهن ($\mu\text{g g}^{-1}$)	مس ($\mu\text{g g}^{-1}$)	روی ($\mu\text{g g}^{-1}$)	سرب ($\mu\text{g g}^{-1}$)	کادمیم ($\mu\text{g g}^{-1}$)	افلاتوکسین (ng g^{-1})	کپک (cfu g^{-1})	مخمر (cfu g^{-1})	مرجع
پاکستان	—	—	—	—	—	۲/۹۰-۴/۹۶	—	—	(Iqbal, 2014)
مراکش	۲۲/۷-۳۲۷/۶	—	—	—	—	—	۱-۵	۰-۱۵	(Hasnaoui, 2010)
سودان	۲/۵۲-۳۳/۹۴	۰/۱۷-۰/۴۳	۰/۲۶-۰/۴۶	—	—	—	۰-۵/۵×۱۰ ^۵	(مجموع)	(Sulieman, 2012)
عربستان	—	—	—	۰/۱۶-۸/۳۸	۰/۰۵-۱/۱۹	—	—	—	(Aldjain, 2011)
انگلستان	۳/۰-۱۰۰/۴	۱/۰-۲۹/۰	۱/۰-۱۸/۰	—	—	—	—	—	(Al-Shahib, 2003)

منابع

Saudi Journal of Biological Sciences, 18(2), 175-180.

Al-Shahib, W. & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247-259.

AOAC. (2012). AOAC Official Method 999.11, Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods Atomic Absorption Spectrophotometry. 19th ed., ch.9.

Deshpande, S. S. (2002). *Handbook of Food Toxicology*. Marcel Dekker Inc.

Ensminger, M. E., Ensminger, A. H., Konlande, J. E. & Robson, J. R. K. (1995). *The concise encyclopedia of foods and nutrition*. CRC press.

Hasnaoui, A., Elhoumaizi, M. A., Asheraou, A., Sindic, M., Deroanne, C. & Hakkou, A. (2010). Chemical Composition and Microbial Quality of Dates Grown in Figuig Oasis of Morocco. *International Journal of Agriculture and biology*, 12(2), 311-314.

Hui, Y. H. (2006). *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. Blackwell publisher, ch.22, pp 391-419.

Iqbal, S. Z., Asi, M. R. & Jinap, S. (2014). Aflatoxins in dates and dates products. *Food Control*, 43(1), 163-166.

Sulieman, A. M. E., Elhafise, I. A. A. & Abdelrahim, A. M. (2012). *Food and Nutrition Sciences*, 3(9), 1245-1251.

Vries, J. D. (1997). *Food Safety and Toxicity*. CRC press, Ch.2.

بی نام. (۱۳۷۳). نمونه برداری از فرآورده های کشاورزی بسته بندی شده که مصرف غذایی دارند. استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۳۶، چاپ دوم.

بی نام. (۱۳۸۰). خوراک انسان-دام - پیشینه رواداری مایکوتوکسین ها. استاندارد ملی ایران، شماره ۵۹۲۵، چاپ اول.

بی نام. (۱۳۸۷). میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام - روش جامع برای شمارش کپک ها و مخمرها-قسمت اول - روش شمارش کلنی در فرآورده های با فعالیت آبی (AW) بیشتر از 0/95. استاندارد ملی ایران، شماره ۱-۱۰۸۹۹، ویرایش اول.

بی نام. (۱۳۹۰). خوراک انسان و دام - اندازه گیری آفلاتوکسین های گروه B, G به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و خالص سازی با ستون ایمونوآفینیتی-روش آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ۶۸۷۲، ویرایش اول.

بی نام. (۱۳۹۲). خرماي نرم بسته بندی شده - ویژگی ها و روش های آزمون میکروبیولوژیک استاندارد ملی ایران، شماره ۱۶۲۱۷، چاپ اول.

عدالتیان، م. و فضل آرا، ع. (۱۳۸۷). بررسی آلودگی میکروبی خرماي رقم استعمران طی انبار داری در سال ۱۳۸۴. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۵، شماره ۳.

Aldjain, I. M., Al-Whaibi, M. H., Al-Showiman, S. S. & Siddiqui, M. H. (2011).