



مقاله پژوهشی

تأثیر ازون و تابش دهی نور فرابنفش بر میزان باقی‌مانده سموم و ویژگی‌های برگه خشک شده سیب تهیه شده از مناطق مختلف شهرستان ارومیه

الهام صادقی^۱، هادی الماسی^{۲*}، میرخلیل پیروزی فرد^۲

۱. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۱۱، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۷/۵/۱۶، تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۶)

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی کارایی شست و شو با ازون و تابش دهی با نور فرابنفش در کاهش میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در برگه خشک سیب بود. برای این منظور، چهار نمونه سیب از مناطق مختلف شهرستان ارومیه شامل شمس حاجیان، دره شهدا، بالانج و کشتیبان تهیه و تأثیر ازوناسیون سیب کامل و تابش دهی با نور UV روی برگه‌ها بر میزان رطوبت، چگالی ظاهری و حقیقی، شاخص‌های رنگی و ویژگی‌های حسی نمونه‌ها بررسی شد. همچنین میزان باقی‌مانده سموم در سیب تازه و برگه‌های خشک شده، توسط آزمون GC-Mass مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین محتوای رطوبت برگه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0.05$). اما هم محل رشد سیب و هم پیش‌تیمارهای اعمال شده، بر روی چگالی و تخلخل نمونه‌ها اثر معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$). مطابق ارزیابی خصوصیات ظاهری، برگه سیب حاصل از منطقه بالانج بیشترین تغییرات رنگی (۴۴-۵۰) و بیشترین چروکیدگی (۳۶-۲۷٪) را داشت. هردو پیش‌تیمار خصوصیات رنگی برگه‌ها را بهبود دادند ولی تأثیر ازون بیشتر از UV بود. به‌طور کلی برگه‌های سیب منطقه کشتیبان که با تلفیق ازون و UV تیمار شده بودند کمترین شاخص قهوه‌ای شدن (۴۶/۲۸) و بیشترین نمرات ارزیابی حسی را نشان دادند. میزان باقی‌مانده سموم تنها در سیب تازه دره شهدا و بالانج بیشتر از حد استاندارد بود. نتایج نشان داد که تیمار ازوناسیون و تابش UV قادرند مقدار باقی‌مانده آفت‌کش‌ها را در برگه سیب کاهش دهند و بسته به نوع آفت‌کش، این کاهش بین ۶۰ تا ۸۰٪ گزارش شد. به‌طور کلی شست و شو با ازون و تابش UV روش‌های موثری در کاهش باقی‌مانده سموم در برگه خشک سیب محسوب می‌شوند بدون این‌که تأثیر منفی بر خصوصیات حسی آن داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: برگه خشک سیب، ازوناسیون، باقی‌مانده آفت‌کش، تخلخل، قهوه‌ای شدن.

۱. مقدمه

استان آذربایجان غربی با تولید بیش از ۹۰۰ هزار تن سیب در سال ۱۳۹۶، نخستین تولید کننده سیب در کشور به حساب می‌آید [۱]. استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی به ترتیب اولین و دومین تولیدکننده آبلیمو، کنسانتره پوره و محصولات خشکبار در کشور به‌شمار آمده و حدود ۶۰٪ صنایع تبدیلی میوه در کشور در این دو استان واقع است. در سال‌های اخیر تولید و صادرات محصولات صنایع تبدیلی سیب با کاهش قابل توجهی روبه رو بوده که دلیل آن عدم تطابق با استانداردهای کشورهای مقصد مخصوصاً کشورهای اروپایی بوده است. علاوه بر آلودگی با مایکوتوکسین‌ها از جمله پاتولین، حضور باقی‌مانده سموم کشاورزی در دوزهای بالا در محصول نهایی، مشکلاتی را برای صنایع تبدیلی سیب به وجود آورده است.

یکی از محصولات صنایع تبدیلی سیب، برگه خشک شده یا چیپس سیب است. خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های فراوری و افزایش ماندگاری محصولات غذایی بوده است. افزایش تنوع محصول و بازاریابی، سهولت نگهداری و حمل و نقل و افزایش دسترسی به محصولات کشاورزی در دوره‌ی زمانی طولانی مدت از جمله مزایای تولید برگه خشک از محصولات کشاورزی می‌باشد [۲]. سیب میوه‌ای سرشار از ویتامین‌ها (ویتامین‌های گروه B، ویتامین C و A)، مواد معدنی (کلسیم، فسفر و آهن) و فیبر است که علاوه بر ارزش تغذیه‌ای بالا، در درمان‌های طبیعی به‌عنوان دارویی برای پیشگیری از امراض مختلف شناخته شده است [۳]. تولید انبوه سیب در استان آذربایجان غربی، سهولت فراوری و همچنین بازاریابی خوب محصولات آن، باعث شده که از بین میوه‌های مختلف، سیب را بتوان به‌عنوان یک محصول مهم جهت تولید خشکبار در این استان انتخاب نمود.

در طول چهار دهه اخیر، استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی جهت کنترل آفات و بیماری‌های محصولات باغی و زراعی افزایش یافته است. استفاده از این سموم در کشورهای توسعه یافته روند نزولی دارد اما در حال حاضر، بیش از ۷۰٪ سموم شیمیایی جهان در کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴]. آفت‌کش‌ها براساس عملکردشان به چند دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از: علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، ضد انگل‌ها، ضد نماتدها و میکروب‌کش‌ها. ترکیبات شیمیایی مختلف

که پتانسیل کشندگی روی آفات مختلف دارند، اجزای فعال آفت‌کش‌ها (AIs) نامیده می‌شوند. تاکنون بیش از ۱۰۰۰ نوع ترکیب فعال آفت‌کش شناسایی و معرفی شده‌اند و در تولید سموم شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵، ۶].

مطالعات نشان داده است که مواد غذایی بیشترین مسیر ورود باقی‌مانده سموم به بدن انسان می‌باشند و هوا و آب آشامیدنی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. اگر دوز سم مصرفی یا سپری شدن دوره کارنس به دقت رعایت نشود، سموم شیمیایی در محصول باقی‌مانده و مصرف آن‌ها همراه محصول می‌تواند مشکلات سلامتی جدی برای مصرف کننده به دنبال داشته باشد. اثرات سمی آفت‌کش‌ها بر سلامتی انسان می‌تواند شامل اثرات کوتاه مدت مانند سردرد و حالت تهوع یا صدمات شدیدتر مانند سرطان، کاهش قدرت باروری و اختلال در عملکرد غدد درون ریز باشد [۷]. سموم شیمیایی تحت تأثیر عوامل مختلفی تجزیه و تخریب می‌شوند. فتولیز، هیدرولیز، اکسیداسیون و احیا، متابولیسم (در حیوانات، گیاهان یا میکروب‌ها)، افزایش دما و تغییر pH از جمله عوامل تجزیه سموم شیمیایی محسوب می‌شوند. فراوری مواد غذایی و عملیاتی مانند شست و شو، پوست‌گیری، آنزیم‌بری و پخت بر روی تجزیه باقی‌مانده سموم در مواد غذایی موثر هستند و می‌توانند کم و بیش در کاهش میزان آن‌ها تأثیر داشته باشند [۸-۱۰].

یکی از روش‌های موثر در تجزیه آلاینده‌های آلی، شست و شو با ازون می‌باشد. ازون به‌عنوان یک ترکیب اکسید کننده نقش موثری در تصفیه فاضلاب و همچنین استریلیزاسیون آب آشامیدنی دارد. از آنجایی که استفاده از ازون در صنایع غذایی از سوی FDA مجاز شمرده شده است [۱۱]، از این ماده در بخش‌های مختلف صنایع غذایی مانند نگهداری و انبارداری محصولات تازه پس از برداشت، استریلیزاسیون نوشیدنی‌ها یا ظروف بسته‌بندی و همچنین ضدعفونی کردن میوه و سبزی و همچنین ظروف و تجهیزات استفاده می‌شود. هرچند که ازون قدرت اکسیداسیون بالایی دارد، اما ثابت شده است که اسیدهای آلی، قندهای محلول، لیکوپن و سایر ریزمغذی‌های میوه‌ها و سبزیجات در غلظت‌های کم ازون دچار آسیب و افت نمی‌شوند. در طی سال‌های اخیر از ازون در شست و شو و حذف باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی مختلف مانند کاهو، کلم، توت فرنگی، انگور و مرکبات استفاده شده و کاهش بین ۵۰ تا ۹۰

محصول برداشت شده از مناطق مختلف شهرستان ارومیه مورد مطالعه قرار گرفت. از آنجایی که اعمال پیش تیمارها قبل از خشک کردن ممکن است بر روی ویژگی‌های حسی محصول نیز تأثیرگذار باشد، تأثیر دو فرایند ازوناسیون و تابش دهی نور UV بر روی سایر ویژگی‌های برگه خشک سیب مانند رنگ، بافت، تخلخل و خواص حسی محصول نیز بررسی شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. مواد

محلول هپتان نرمال از نمایندگی شرکت سیگما کشور آلمان خریداری شد.

۲.۲. نمونه برداری سیب

از آنجایی که معمولاً از سیب زرد برای تولید برگه خشک شده استفاده می‌شود، سیب زرد رقم گلدن دلشیز (لبنانی) که متداول‌ترین واریته کشت شده در سطح استان آذربایجان غربی می‌باشد، برای انجام پژوهش در نظر گرفته شد. نمونه‌های سیب زرد در مرحله کاملاً رسیده و با وزن تقریبی دویست گرم در مورخه ۱۳۹۷/۰۶/۲۷ از چهار منطقه مختلف شهر ارومیه شامل شمس حاجیان، دره شهدا، بالانج و کشتیبان به‌صورت تازه و از روی درخت برداشت شدند. در هنگام برداشت، تاریخ آخرین سمپاشی و همچنین نوع سموم استفاده شده، مورد سوال قرار گرفته و یادداشت شد. جدول (۱) مشخصات نمونه‌های سیب تهیه شده را نشان می‌دهد. نمونه‌های سیب تازه بدون هیچگونه شست و شو و فراوری، به منظور تعیین میزان باقی‌مانده سموم مورد آزمون قرار گرفتند. سپس سیب‌ها به واحد فراوری منتقل شده و پس از انجام تیمارهای مورد نظر، خشک شده و به برگه خشک سیب تبدیل شدند و آزمون‌های بعدی روی آن‌ها انجام شد.

۲.۲. فراوری و تولید برگه خشک سیب

فراوری و آماده سازی نمونه‌های برگه خشک سیب در واحد تولیدی تاک فردوس واقع در شهرک صنعتی (فاز ۲) ارومیه انجام شد. نمونه‌های سیب تازه تهیه شده از مناطق مختلف، هرکدام به چهار دسته تقسیم شدند. دسته‌ی اول از سیب‌ها، با آب معمولی به مدت ۵ دقیقه شسته شده و پس از عبور از دستگاه اسلایسر

درصدی باقی‌مانده سموم در این محصولات پس از شست و شو با ازون گزارش شده است [۱۲]. کوسووران و همکاران [۱۳] تأثیر ازون را در باقی‌مانده سموم شیمیایی در مرکبات مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تمام سموم جذب شده به گوشت میوه پرتقال، در عرض پنج دقیقه ازوناسیون نابود می‌شود. آن‌ها بیان کردند که شست و شو با آب خالص تأثیری در حذف باقی‌مانده سموم از بافت گوشت میوه‌ها ندارد اما ازوناسیون قادر است به خوبی مقادیر این سموم را در بافت داخلی میوه‌ها حذف کند یا کاهش دهد.

همان‌طور که اشاره شد، یکی دیگر از روش‌های تجزیه آفت کش‌ها، فتولیز آن‌ها می‌باشد. این ترکیبات آلی تحت تأثیر تابش نورهای یونیزه کننده مانند اشعه گاما نیز دچار تجزیه و تخریب می‌شوند. با این وجود ثابت شده است که تابش نور فرابنفش نیز می‌تواند در کاهش میزان ترکیبات آلی موثر باشد. استفاده از اشعه‌ی فرابنفش (طول موج ۲۰۰-۴۰۰ nm) برای اهداف کاربردی مختلف در صنعت غذا مانند اثر میکروب کشی و ضدعفونی کنندگی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۴]. علاوه بر خاصیت ضد میکروبی، اشعه UV با طول موج‌های پایین می‌تواند به شکستن پیوندها و تجزیه ترکیبات آلی و تبدیل آن‌ها به متابولیت‌های ثانویه منجر شود. در زمینه استفاده از تابش دهی نور UV در کاهش میزان باقی‌مانده سموم در محصولات مختلف نیز نتایج قابل توجهی ارائه شده است و حتی گزارش شده که تابش دهی نور UV ضعیف‌تر از شست و شو با ازون یا تیمار فراصوت اما قوی‌تر از تابش دهی نور گاما در از بین بردن سموم شیمیایی می‌باشد [۱۲]. نیتو و همکاران [۱۵] تأثیر تابش دهی نور UV (۲۸۰-۲۰۰ nm) را در کاهش میزان باقی‌مانده سموم در روغن زیتون مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها میزان کاهش ۸۰-۷٪ را برای باقی‌مانده سموم بسته به دما و زمان فرایند تابش دهی گزارش نمودند.

تاکنون مطالعه‌ای در خصوص میزان باقی‌مانده سموم در محصولات سیب شهرستان ارومیه صورت نگرفته است. همچنین تأثیر ازون، تابش نور UV یا هر تیمار دیگری در حذف باقی‌مانده سموم شیمیایی از محصولات خشکبار میوه‌ها و سبزی‌ها بررسی نشده است. در این پژوهش، تأثیر شست و شو با ازون و تابش دهی نور UV و همچنین اثر هم‌افزایی آن‌ها بر کاهش میزان باقی‌مانده سموم شیمیایی در برگه خشک سیب تولید شده با

جدول (۱) مشخصات سیب‌های نمونه برداری شده از مناطق مختلف شهر ارومیه (تاریخ نمونه برداری: ۱۳۹۷/۰۶/۲۷).

Table 1 Characteristics of apple samples collected from different regions of Urmia city (Date of sampling: 1397.06.27).

نوع سموم استفاده شده در آخرین سمپاشی Type of pesticides used in last spraying	تاریخ آخرین سمپاشی Date of last poison spraying	UTM	محل جغرافیایی Geographical region	کد نمونه Sample code
Fenvalerate 20%, Penconazole	97.04.27	4146028-516855	Shams hajian	A
Dursban, Oberon	97.05.15	4128282-510611	Darreh shohada	B
Dursban, Oberon, Volck oil, Sanmite, Rider	97.06.20	4141605-508125	Balançj	C
Fenvalerate 20%, Volck oil	97.05.15	4156526-521782	Kashtiban	D

به وزن ثابت قرار گرفتند. میزان رطوبت بر مبنای مرطوب بر حسب درصد، از روی اختلاف وزن اولیه و وزن نهایی پس از خشک شدن محاسبه شد [۱۶].

۲.۴.۲. اندازه گیری چگالی ظاهری

تعدادی از برگه‌های خشک سیب با ترازو و با دقت ± 0.1 g توزین شدند و حجم آن‌ها در یک استوانه‌ی مدرج ۱۰۰ mL محتوی محلول رنگی هپتان نرمال اندازه گیری شد. چگالی ظاهری (ρ_b) از رابطه (۱) به دست آمد [۱۶]:

$$\rho_b = \frac{m}{V_b} \quad (1)$$

که در این رابطه m وزن (kg) و V_b حجم ظاهری (m^3) نمونه‌ها می‌باشد.

۳.۴.۲. اندازه گیری چگالی حقیقی

برای اندازه گیری چگالی حقیقی، نمونه‌ها پس از توزین به صورت پودر درآمده و سپس هواگیری شده و به صورت فشرده در یک استوانه مدرج ۵۰ میلی لیتری توزین شدند. دانسیته حقیقی (ρ_t) نمونه‌ها از رابطه (۲) به دست آمد [۱۶]:

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} \quad (2)$$

که در آن V_t حجم متراکم و هواگیری شده (m^3) می‌باشد.

۴.۴.۲. اندازه گیری تخلخل

میزان تخلخل (ε) که نشان دهنده‌ی میزان منافذ و فضاهای خالی در نمونه‌های برگه سیب می‌باشد، از روی نسبت چگالی ظاهری و چگالی حقیقی و طبق رابطه (۳) محاسبه شد [۱۶]:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \quad (3)$$

به قطعات نازک با قطر ۵ mm برش خوردند. سپس اسلایس‌های سیب در خشک کن کابینتی مدل JMS شرکت فکور آذربایجان ساخت کشور ایران با سرعت جریان هوای داغ ۴۵ km/h و در دمای $60^\circ C$ به مدت ۵ h خشک شدند. این دسته از نمونه‌ها با عنوان «Control» کدگذاری شدند. برای دسته‌ی دوم از سیب‌ها از آب حاوی ازون برای شست و شو به مدت پنج دقیقه استفاده شد. غلظت ازون توسط سیستم ازوناتور Young مدل S20، ساخت کشور ایتالیا روی 20 mg/L تنظیم شد. سپس نمونه‌های سیب شست و شو شده، اسلایس شده و مراحل خشک شدن مانند نمونه قبلی روی آن‌ها انجام شد. این دسته با کد «Ozone» مشخص شدند. در تیمار سوم، پس از شست و شوی نمونه‌های سیب با آب معمولی و اسلایس کردن آن‌ها، قطعات سیب در داخل یک محفظه در زیر لامپ UV با طول موج ۲۸۵ nm و با توان ۲۰ W قرار داده شدند. فاصله اسلایس‌های سیب از لامپ UV برابر ۱۵ cm و زمان تابش دهی ۵ min ($2/5$) دقیقه برای دو سمت قطعات سیب بود. پس از پایان تابش دهی، قطعات سیب مانند نمونه‌های قبلی خشک شدند. این دسته از نمونه‌ها با کد «UV» مشخص شدند. در دسته چهارم از نمونه‌ها، شست و شو به مدت ۵ دقیقه با ازون انجام شد و پس از برش زنی، اسلایس‌های سیب در معرض تابش UV به مدت ۵ دقیقه قرار گرفتند. این دسته نیز با عنوان «Ozone-UV» کدگذاری شد. تمام نمونه‌های برگه خشک سیب پس از خروج از خشک کن، خنک شده و بلافاصله در کیسه‌های پلاستیکی در بسته قرار گرفته و تا انجام آزمون‌ها نگهداری شدند [۱۳].

۴.۲. بررسی ویژگی‌های فیزیکی

۱.۴.۲. اندازه گیری میزان رطوبت

برای تعیین میزان رطوبت برگه‌های سیب، پس از توزین اولیه، نمونه‌ها در آون در دمای $105^\circ C$ به مدت ۱۸ ساعت و تا رسیدن

۵.۴.۲. اندازه گیری شاخص های رنگی

شاخص های روشنایی (L)، قرمزی - سبزی (a) و زردی - آبی (b) با استفاده از سیستم رنگ سنج طراحی شده و مجهز به لامپ های مخصوص اندازه گیری شد. صفحات استاندارد رنگی و نمونه های برگه خشک سیب در محفظه ی مخصوص دستگاه قرار گرفتند و توسط دوربین دیجیتالی Canon مدل SX720 HS ساخت کشور ژاپن از آن ها عکس گرفته شد. ابتدا داده های رنگی صفحات استاندارد در نرم افزار فتوشاپ محاسبه شده و در مقابل مشخصات رنگی واقعی آن ها قرار گرفتند و منحنی کالیبراسیون رسم شد. در نهایت مشخصات رنگی به دست آمده برای نمونه ها در رابطه منحنی کالیبراسیون جاگذاری شدند و مقادیر L، a و b واقعی برای نمونه ها محاسبه شد [۱۷].

اختلاف رنگ کلی (ΔE) و شاخص قهوه ای شدن (BI) نیز به ترتیب با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شدند [۱۷]:

$$\Delta E = [(L_{\text{standard}} - L_{\text{sample}})^2 + (a_{\text{standard}} - a_{\text{sample}})^2 + (b_{\text{standard}} - b_{\text{sample}})^2]^{0.5} \quad (4)$$

منظور از standard در رابطه ی فوق، ویژگی های رنگی اسلایس های سیب تازه قبل از خشک کردن می باشد.

$$BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.17} \quad (5)$$

که در این رابطه، x برابر است با:

$$x = \frac{a - 1.75L}{5.645L + a - 3.012b} \quad (6)$$

۶.۴.۲. ارزیابی ویژگی های حسی

برای ارزیابی خصوصیات حسی برگه های سیب، از پانل ۲۰ نفری از افراد آموزش ندیده با محدوده سنی ۱۸ تا ۴۵ سال استفاده شد که نمونه ها را بر اساس رنگ، بافت، عطر، طعم و پذیرش کلی مورد بررسی قرار دادند. مصرف نمونه ها در فواصل زمانی پنج دقیقه انجام شد و از آزمونگرها درخواست شد که در فاصله زمانی بین نمونه ها آب بنوشند. جهت ارزیابی، سیستم نمره دهی هدونیک ۵ نقطه ای (نمره ۱ بسیار بد و نمره ۵ بسیار خوب) مورد استفاده قرار گرفت [۱۸].

۷.۴.۲. اندازه گیری میزان باقی مانده سموم شیمیایی

برای اندازه گیری میزان باقی مانده سموم شیمیایی در نمونه های سیب تازه و همچنین برگه های خشک شده، از کروماتوگرافی گازی GC-Mass و مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۰۲۶ [۱۹] استفاده شد. پس از آسیاب کردن نمونه های سیب تازه یا برگه های خشک، استخراج با استونیتریل گرید HPLC انجام شد. سپس سولفات منیزیم، کلرید سدیم و بافر نمک سیترات به نمونه افزوده و مخلوط به شدت تکان داده شد. مقدار مشخصی از فاز آلی با روش استخراج فاز جامد پخشی با استفاده از جاذب d-SPE جداسازی شد. سپس مقدار کمی اسید فرمیک به محلول استخراج شده اضافه شد تا به منظور افزایش پایداری آفت کش های حساس به باز، اسیدی کردن انجام شود. محلول نهایی استخراج شده مستقیماً به دستگاه GC تزریق شد. دستگاه کروماتوگرافی گازی Quad rupole مدل Aglient-6890N ساخت کشور آلمان کوپل شده با طیف سنج جرمی مدل Aglient-5973N ساخت کشور آلمان مورد استفاده قرار گرفت. در این دستگاه از ستون HP-5MS به قطر ۰/۲۵ mm، به طول ۳۰ m و اندازه ذرات تشکیل دهنده فاز ثابت ۰/۲۵ μm نصب شده روی دستگاه برای جداسازی ترکیبات مختلف و از طیف سنج جرمی برای شناسایی اجزاء جداسازی شده استفاده گردید. میزان باقی مانده سموم در نمونه ها با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۱۱۷ [۲۰] و مقادیر مرز بی شینه ی مانده ی آفت کش ها (MRL) برای هر سم تطبیق داده شد.

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

جامعه آماری شامل نمونه های برگه سیب خشک شده و تعداد نمونه ها شامل ۱۶ تیمار (چهار نمونه تولید شده از سیب چهار منطقه مختلف) بود. همه آزمون ها (به جز تعیین میزان باقی مانده سموم) در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. تحلیل و ارزیابی (ANOVA) با استفاده از مدل خطی (G.L.M) نرم افزار آماری SPSS 21 در سطح احتمال ۵٪ ($p < 0.05$) و آزمون چند دامنه ای دانکن برای تأیید وجود اختلاف بین میانگین ها انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel (Office 2013) استفاده شد.

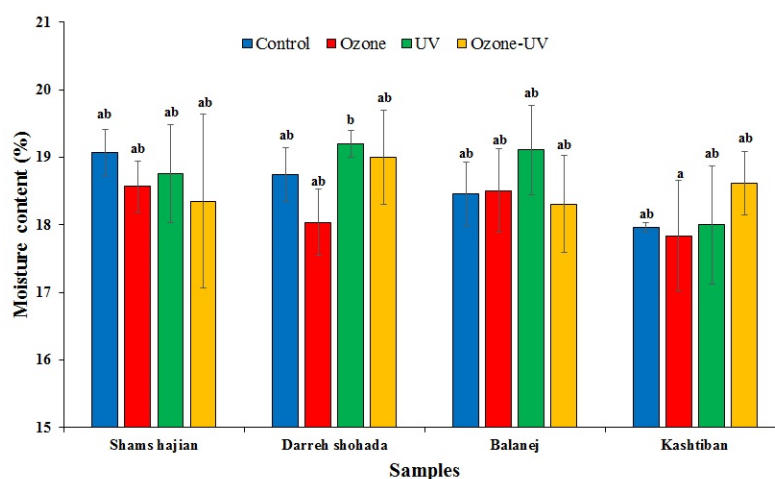
۳. نتایج و بحث

۱.۳. میزان رطوبت

مهم‌ترین هدف خشک کردن، کاهش محتوای رطوبت و افزایش ماندگاری محصولات فراوری میوه و سبزی است. شکل (۱) میزان رطوبت نمونه‌های برگه سیب حاصل از مناطق مختلف و همچنین تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف روی این پارامتر را نشان می‌دهد. مطابق شکل، در بین نمونه‌های برگه سیب حاصل از مناطق مختلف، از نظر محتوای رطوبت اختلاف معنی داری وجود ندارد ($p>0.05$). همچنین انجام تیمارهای مختلف مانند UV و ازن و ترکیب آن دو نیز بر روی تغییر محتوای رطوبت نمونه‌ها بی‌تأثیر بوده است. با توجه به استفاده از نوع خشک کن یکسان و دما و زمان حرارت دهی برابر برای همه نمونه‌ها، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود. از طرف دیگر، نگهداری سیب برداشت شده و انجام تنفس پس از برداشت از جمله عوامل مهم تأثیرگذار در کاهش محتوای رطوبت سیب است [۲۱]. با توجه به برداشت تمام نمونه‌ها و زمان فراوری آن‌ها در یک روز، زمان نگهداری و انجام تنفس نیز بر روی محتوای رطوبت اولیه نمونه‌ها بی‌تأثیر بوده است. محتوای رطوبت تمام نمونه‌های برگه خشک سیب در حدود ۱۷/۵-۱۹/۵٪ بود که مطابق با استاندارد ملی می‌باشد [۲۲]. با توجه به یکسان بودن رقم نمونه‌های سیب، محتوای رطوبت چند نمونه سیب تازه اندازه‌گیری شد که در حدود ۸۴٪ بود. با احتساب میانگین رطوبت نهایی ۱۸/۵٪ برای همه نمونه‌ها، میزان افت وزن پس از خشک کردن برابر ۸۰٪ محاسبه شد.

۲.۳. چگالی

چگالی یکی از پارامترهای کیفی محصولات میوه خشک محسوب می‌شود که علاوه بر تعیین اثر روش خشک کردن، اطلاعاتی در مورد خصوصیات بافتی خشکبار نیز ارائه می‌دهد. جدول (۲) مقادیر چگالی ظاهری و چگالی حقیقی نمونه‌های برگه سیب را نشان می‌دهد. چگالی ظاهری یا چگالی توده‌ای نسبت جرم به حجم توده ماده را نشان می‌دهد درحالی‌که چگالی حقیقی، نسبت جرم به حجم ماده پس از خروج هوای داخل بافتی است. بنابراین مقادیر چگالی ظاهری همیشه پایین‌تر و یا مساوی چگالی حقیقی خواهد بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در بین مقادیر چگالی ظاهری و چگالی حقیقی نمونه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<0.05$). مقایسه‌ی مقادیر چگالی در نمونه‌های کنترل نشان می‌دهد که با وجود انتخاب یک رقم و ارایته‌ی یکسان، شرایط محل رشد سیب بر روی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن تأثیرگذار است و در بین چگالی نمونه‌های سیب خشک شده‌ی بدون پیش‌تیمار، اختلاف معنی‌دار از نظر محل رشد وجود دارد. تغییرات دمایی، میزان بارندگی و روش‌های داشت و برداشت می‌توانند بر روی این اختلافات تأثیرگذار باشند. نمونه‌های خشک شده حاصل از سیب تهیه شده از منطقه‌ی دره شهدا بیشترین چگالی ظاهری و حقیقی را در بین همه نمونه‌ها نشان دادند.



شکل (۱) تأثیر پیش‌تیمارهای ازن و UV بر محتوای رطوبت نمونه‌های برگه خشک سیب حاصل از مناطق مختلف

حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است ($p<0.05$)

Fig. 1 Effect of ozone and UV pretreatments on moisture content of dried apple slices from different regions. Different letters show significant differences in the level of 5% ($p<0.05$)

جدول (۲) تأثیر تیمارهای ازون و تابش دهی نور UV روی دانسیته ظاهری و دانسیته حقیقی نمونه های برگه خشک سیب.

Table 2 Effect of ozone and UV treatments on bulk and true density of dried apple slices.

نمونه Sample	تیمار Treatment	دانسیته ظاهری Bulk density (kg/m ³)	دانسیته حقیقی True density (kg/m ³)
شمس حاجیان Shams hajian	Control	591.27±3.19 ^c	898.59±8.13 ^g
	Ozone	654.25±4.39 ^d	918.63±7.08 ^h
	UV	502.11±2.16 ^a	790.04±3.00 ^b
	Ozone-UV	659.85±3.55 ^d	732.29±4.51 ^a
دره شهدا Darreh shohada	Control	828.03±7.35 ^h	1020.11±9.37 ^k
	Ozone	800.05±2.46 ^g	1002.41±2.76 ^j
	UV	829.73±6.85 ^h	1112.31±8.72 ^l
	Ozone-UV	600.83±4.01 ^c	839.38±5.50 ^d
بالانج Balanej	Control	549.92±3.75 ^b	829.44±2.14 ^c
	Ozone	650.44±0.51 ^d	875.40±5.50 ^f
	UV	590.55±3.34 ^c	861.69±8.08 ^e
	Ozone-UV	750.40±2.50 ^f	844.22±4.52 ^d
کشتیبان Kashtiban	Control	886.91±6.53 ⁱ	937.85±7.00 ^j
	Ozone	637.44±6.38 ^d	874.97±5.02 ^f
	UV	810.55±4.19 ^{gh}	875.77±4.84 ^f
	Ozone-UV	712.48±7.68 ^e	788.11±5.45 ^b

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است (p<0.05).

خشک کردن انجام شده است و مسلماً تأثیرگذاری آن بر روی بافت داخلی محصول و ترکیبات تغذیه ای آن بیشتر از تیمار ازوناسیون که تنها بر روی سطح خارجی سیب کامل عمل کرده است، خواهد بود. تابش امواج فرابنفش می تواند به تخریب ریزمغذی ها و همچنین به تجزیه ماکرومولکول هایی مانند پکتین و نشاسته در سیب منجر شود و از این طریق باعث کاهش محتوای ماده خشک و در نتیجه تغییر در چگالی نمونه های خشک شده شود. امام جمعه و عسکری [۱۶] در مورد تأثیر خشک کردن با امواج مایکروویو بر روی چگالی ظاهری و حقیقی برگه های سیب به نتایج مشابهی دست یافتند.

۳.۳. تخلخل بافتی

از روی نسبت چگالی ظاهری و چگالی حقیقی، تخلخل بافتی محاسبه می شود که شاخص مهمی در تعیین کیفیت خشکبار به حساب می آید. زیرا اولاً میزان چروکیدگی محصول و تغییرات نامطلوب ظاهری را نشان می دهد و ثانیاً پتانسیل آگیری مجدد محصولات خشک نیز ارتباط مستقیمی با تخلخل بافتی آن ها دارد. شکل (۲) مقادیر تخلخل بافتی برگه های خشک سیب را نشان می دهد. با توجه به این که اختلاف بین مقادیر چگالی

مقایسه مقادیر موجود در جدول (۲) نشان می دهد که انجام پیش تیمارهای مختلف نیز بر روی مقادیر چگالی سیب خشک شده تأثیر معنی دار داشته است (p<0.05). با این وجود، اثر تیمارها بر روی نمونه های سیب حاصل از مناطق مختلف روند مشابهی نشان نداد. به عنوان مثال، تیمار پیش تیمار ازوناسیون در برخی نمونه ها (شمس حاجیان و بالانج) باعث افزایش مقادیر چگالی شد اما در نمونه های دیگر (دره شهدا و کشتیبان) مقدار چگالی را کاهش داد. تابش دهی نور UV نیز چنین اثرات متفاوتی از خود نشان داد. با توجه به محتوای رطوبت یکسان و غیرمعنی دار در بین برگه های سیب، تغییرات در مقادیر چگالی را می توان به تفاوت در ساختار و تخلخل بافتی ارتباط داد. شست و شو با ازون می تواند بر روی نشت ترکیبات مغذی مخصوصاً ویتامین ها و مواد معدنی تأثیرگذار باشد و با توجه به تفاوت در خصوصیات بافتی نمونه های حاصل از مناطق مختلف، شدت پدیده انتشار و میزان نشت مواد در نمونه های سیب مناطق مختلف متفاوت بوده و بنابراین میزان تخلخل بافتی نیز تغییر کرده و نتایج متفاوتی حاصل شده است. در مورد تأثیر تابش دهی نور UV نیز لازم به ذکر است که این پیش تیمار بر روی برگه های برش خورده سیب و گوشت میوه (و نه سطح پوست آن) قبل از

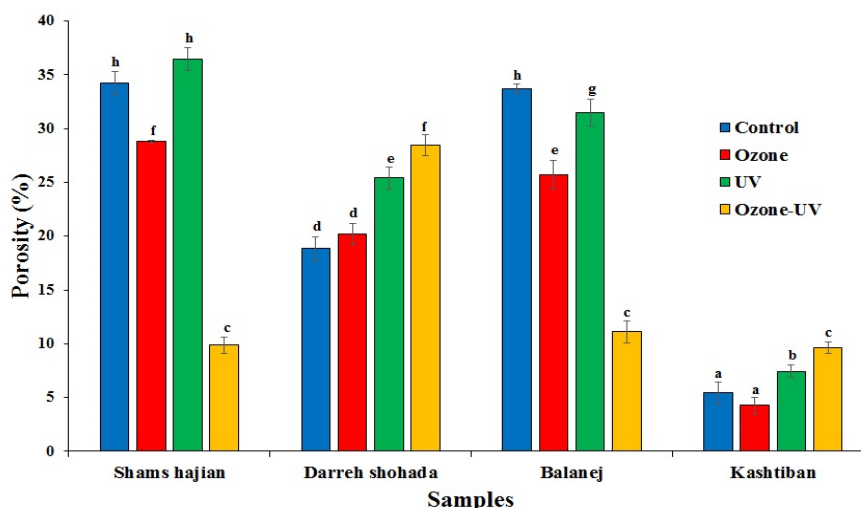
۴.۳. ویژگی‌های رنگی

خصوصیات ظاهری و خواص رنگی یکی از پارامترهای کیفی مهم در فراوری خشکبار محسوب می‌شود. ایجاد تغییرات رنگی کمتر، یکی از مهمترین چالش‌های تولید محصولات خشک میوه و سبزی به شمار می‌رود. شکل (۳) ویژگی‌های ظاهری برگه‌های سیب پس از خشک شدن نهایی را نشان می‌دهد. همان طور که اشاره شد، به دلیل رشد در شرایط محیطی متفاوت، در بین نمونه‌های خشک شده اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p < 0.05$). با توجه به تصاویر ارائه شده، برگه خشک نمونه شاهد، در محصول تهیه شده از سیب منطقه بالانچ دارای کمترین کیفیت بافتی و بیشترین میزان چروکیدگی در بین همه نمونه‌ها بود. تفاوت در شرایط دمایی و رطوبتی محل رشد و در نتیجه تغییر در ترکیبات شیمیایی میوه را می‌توان از جمله دلایل این تفاوت ظاهریدانست. برگه خشک حاصل از سیب سایر مناطق از خصوصیات ظاهری مطلوبی برخوردار بودند. تأثیر قابل توجه پیش تیمارها بر روی خواص ظاهری نمونه‌ها نیز در شکل (۳) مشهود است. نمونه‌های پیش تیمار شده مخصوصاً با تلفیق ازون و تابش UV، خصوصیات ظاهری بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند.

مقادیر عددی شاخص‌های رنگی نمونه‌ها نیز محاسبه شد که در جدول (۳) ارائه شده است. مقادیر L که نشان دهنده روشنایی نمونه‌ها است برای نمونه سیب تازه ۹۸/۴۹ بود و در

ظاهری و حقیقی نمونه‌ها معنی‌دار بود، بنابراین تفاوت معنی‌دار در بین مقادیر تخلخل نیز دور از انتظار نمی‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود، در بین برگه‌های حاصل از سیب مناطق مختلف، اختلاف معنی‌داری وجود داشت و سیب منطقه شمس حاجیان بیشترین تخلخل و سیب منطقه کشتیبان کمترین میزان تخلخل را نشان داد. تفاوت در شرایط رشد و میزان سفتی بافت نمونه‌ها از جمله دلایل این اختلاف محسوب می‌شوند.

تأثیر پیش تیمارهای اعمال شده نیز بر روی مقادیر تخلخل معنی‌دار بود اما این تأثیر نیز بسته به محل رشد سیب متفاوت بود. ازوناسیون در برخی نمونه‌ها باعث کاهش تخلخل و در برخی باعث افزایش آن، اما تیمار UV در همه نمونه‌ها باعث افزایش تخلخل بافتی شد. تجزیه ترکیبات ساختاری و کاهش وزن مولکولی نشاسته و پکتین و تغییر شبکه ژلی آن‌ها از جمله دلایلی است که می‌توان برای افزایش تخلخل در برگه‌های سیب تابش دهی شده با نور UV عنوان نمود. کیانی و همکاران [۲۳] برگه سیب پرتو دیده شده با تابش گاما تولید و افزایش قابل توجه در چروکیدگی نمونه‌های تابش دیده شده را مشاهده نمودند. این محققین نیز تغییر در ترکیبات پلی‌ساکاریدی و تخریب آن‌ها در اثر تابش دهی را دلیل افزایش خلل و فرج در بافت و افزایش تخلخل بیان کردند. البته بایستی به این نکته توجه داشت که اشعه گاما جزء پرتوهای یونیزه کننده و بسیار قوی‌تر از نور فرابنفش است و تفاوت در قدرت این دو باید در نظر گرفته شود.



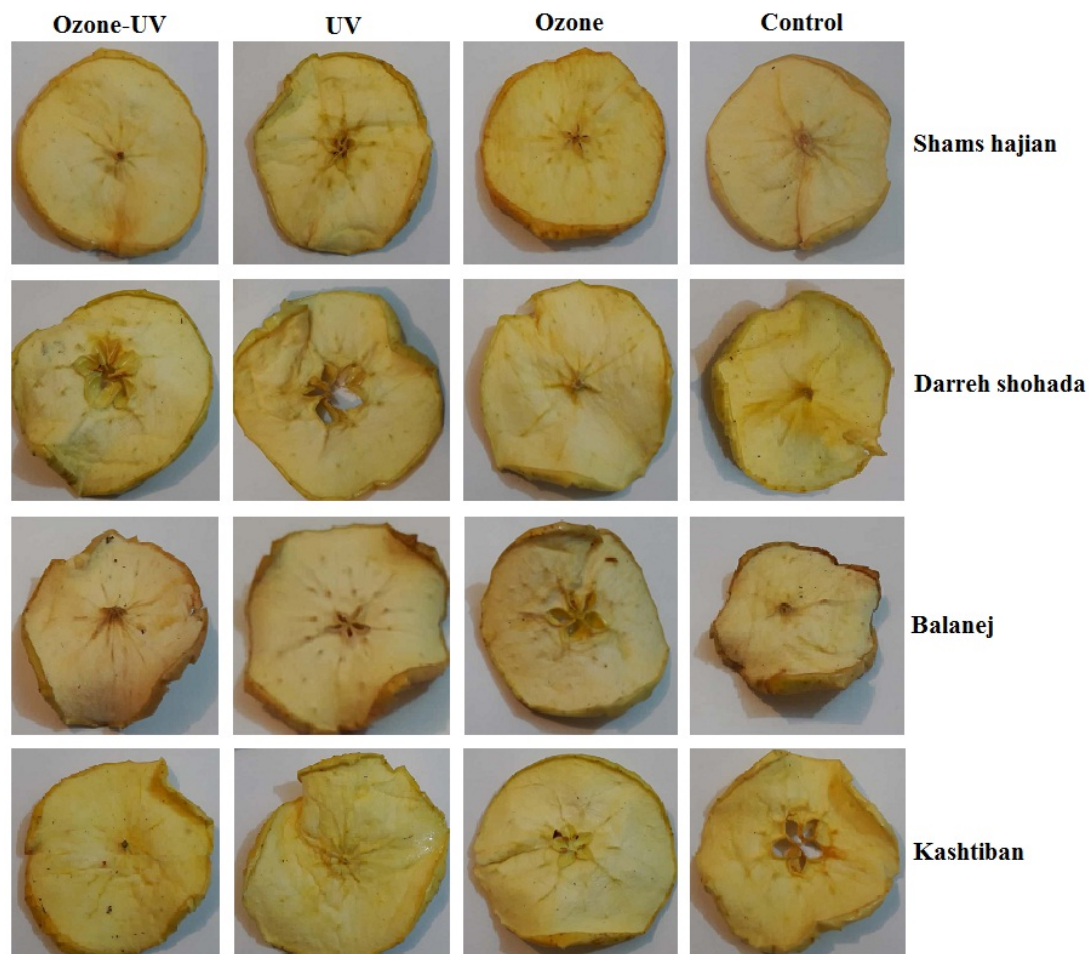
شکل (۲) تأثیر پیش تیمارهای ازون و UV بر تخلخل بافتی نمونه‌های برگه خشک سیب حاصل از مناطق مختلف

حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است ($p < 0.05$)

Fig. 2 Effect of ozone and UV pretreatments on porosity of dried apple slices from different regions. Different letters show significant differences in the level of 5% ($p < 0.05$).

نمونه‌ها، کاهش اندیس L و افزایش اندیس b بود و این تأثیرات در همه نمونه‌ها معنی‌دار بود ($p < 0.05$). تابش دهی اسلایس‌های سیب با نور UV ممکن است باعث تغییر در پیگمنت‌های طبیعی و یا تولید رنگدانه‌های جدید در آن شود. از طرف دیگر، ازوناسیون روی سیب کامل انجام شد اما تابش دهی روی برگه‌های برش خورده انجام گرفت و بنابراین تماس با هوا در طی تابش دهی نیز می‌تواند به پیشرفت واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی قبل از خشک کردن برگه‌ها منجر شده و در نتیجه تغییرات رنگی بیشتر را باعث شود. لازم به ذکر است که در همه نمونه‌ها، در حالت تلفیق شست و شوی ازون و تابش دهی UV، مقادیر اندیس b کمتر از نمونه‌هایی بود که تنها تابش دهی شده بودند. این نشان می‌دهد که تماس با ازون و نفوذ آن به داخل محصول، احتمالاً با غیرفعال کردن آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز مانع تغییر رنگ برگه‌ها در طی تابش دهی UV می‌شود [۱۲].

برگه‌های سیب این عدد کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش در نمونه‌های سیب بالانج بود و سیب کشتیان بیشترین روشنایی را نشان داد. اندیس‌های a و b نیز در نمونه‌های برگه خشک سیب بیشتر از سیب تازه بود. به‌طوری‌که اندیس b که میزان زردی را نشان می‌دهد، در سیب تازه ۴/۴۵ بود اما در نمونه‌های برگه سیب به مقادیر بالای ۲۰ و تا حدود ۶۰ رسید. زردی رنگ از جمله مهم‌ترین تغییرات در حین خشک شدن میوه‌هاست و این افزایش اندیس b این پدیده را نشان می‌دهد. در این پژوهش از هیچ‌گونه افزودنی شیمیایی دیگر در حین خشک کردن استفاده نشد و این تغییرات رنگی دور از انتظار نبود. مطابق نتایج، پیش تیمارها نیز بر روی شاخص‌های رنگی تأثیرگذار بودند. تأثیر روی شاخص‌های رنگی نیز مانند خصوصیات قبلی به محل رشد سیب بستگی داشت. در برخی نمونه‌ها، ازوناسیون باعث کاهش اندیس L شد و در برخی آن را افزایش داد. اما تأثیر کلی تابش UV در همه



شکل (۳) ویژگی‌های ظاهری نمونه‌های برگه سیب حاصل از مناطق مختلف و تهیه شده با پیش تیمارهای متفاوت

Fig.3. Visual properties of dried apple slices obtained from different regions and prepared by different pretreatments

جدول (۳) تأثیر تیمارهای ازون و تابش دهی نور UV روی ویژگی‌های رنگی نمونه‌های برگه خشک سیب.

Table 3 Effect of ozone and UV irradiation treatments on color properties of dried apple slices.

نمونه Sample	تیمار Treatment	L	a	b
شمس حاجیان Shams hajian	Control	94.62±0.34 ^{gh}	-0.43±0.12 ^d	33.66±1.52 ^d
	Ozone	88.55±1.38 ^e	-0.23±0.01 ^{de}	29.33±1.15 ^c
	UV	92.02±0.77 ^f	-1.22±0.11 ^c	38.64±0.66 ^c
	Ozone-UV	94.12±0.65 ^{fg}	0.19±0.03 ^e	34.51±2.21 ^d
دره شهدا Darreh shohada	Control	95.87±0.78 ^{ghi}	-3.66±0.10 ^a	44.49±3.39 ^f
	Ozone	91.91±0.93 ^f	-1.34±0.46 ^c	46.18±1.07 ^f
	UV	87.67±1.53 ^e	-1.39±0.41 ^c	50.00±1.00 ^g
	Ozone-UV	93.84±0.73 ^{fg}	-2.39±0.38 ^b	49.63±0.99 ^g
بالانج Balanej	Control	72.51±1.30 ^b	2.02±0.28 ^g	59.84±1.19 ^{hi}
	Ozone	77.51±2.18 ^d	0.69±0.16 ^f	50.07±1.10 ^g
	UV	70.00±2.00 ^a	0.94±0.06 ^f	62.66±2.51 ⁱ
	Ozone-UV	74.66±2.08 ^c	0.71±0.04 ^f	58.51±4.25 ^h
کشتیبان Kashtiban	Control	96.82±0.61 ^{hi}	-1.49±0.42 ^c	17.13±1.06 ^a
	Ozone	97.73±0.36 ⁱ	-2.35±0.32 ^b	19.61±1.46 ^a
	UV	89.53±1.28 ^e	-1.98±0.05 ^b	24.22±1.09 ^b
	Ozone-UV	94.66±1.52 ^{gh}	0.11±0.01 ^e	23.91±2.44 ^b

جدول (۴) تأثیر تیمارهای ازون و تابش دهی نور UV بر اختلاف رنگ کلی (ΔE) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) نمونه‌های برگه خشک سیب حاصل از مناطق مختلف.

Table 4 Effect of ozone and UV irradiation treatments on total color difference (ΔE) and browning index (BI) of dried apple slices from different regions.

نمونه Sample	تیمار Treatment	ΔE	BI
شمس حاجیان Shams hajian	Control	29.51±1.11 ^f	42.45±1.15 ^c
	Ozone	26.77±1.22 ^c	38.53±1.07 ^d
	UV	34.71±0.22 ^g	50.97±0.62 ^f
	Ozone-UV	30.53±0.76 ^f	44.38±0.79 ^c
دره شهدا Darreh shohada	Control	40.49±0.74 ^b	56.61±0.86 ^g
	Ozone	42.37±1.11 ⁱ	65.64±0.66 ^h
	UV	46.60±1.81 ^j	78.40±1.79 ^j
	Ozone-UV	45.52±1.22 ^j	69.49±0.53 ⁱ
بالانج Balanej	Control	61.32±0.62 ^m	145.40±2.08 ^m
	Ozone	50.21±1.99 ^k	96.47±1.07 ^k
	UV	64.67±0.41 ⁿ	167.38±1.22 ⁿ
	Ozone-UV	59.46±1.38 ^l	131.57±1.44 ^l
کشتیبان Kashtiban	Control	13.10±0.90 ^a	18.05±0.95 ^a
	Ozone	15.34±0.33 ^b	20.18±0.87 ^b
	UV	22.04±0.27 ^d	29.11±0.83 ^c
	Ozone-UV	19.75±0.50 ^c	28.46±1.44 ^c

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است ($p < 0.05$).

جدول (۴) نیز مقادیر اختلاف رنگ کلی (ΔE) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) را نشان می‌دهند. منظور از اندیس ΔE میزان اختلاف رنگ برگه‌های سیب با نمونه تازه می‌باشد. همان طور که انتظار می‌رفت و در شکل (۳) از روی ویژگی‌های ظاهری نیز

آسیب کمی می‌بینند، پس از خشک کردن شروع به فعالیت کرده و باعث تغییر رنگ می‌شوند. امام جمعه و همکاران [۲۵] نیز فعالیت آنزیمی را دلیل اصلی واکنش‌های قهوه‌ای شدن اکسیداتیو در حین خشک کردن سیب عنوان نمودند و بیان کردند که پوشش‌دهی قبل از خشک کردن، با کاهش تماس اکسیژن نرخ افزایش اندیس BI را کنترل می‌کند. بنابراین تغییرات آنزیمی تحت تأثیر پیش‌تیمارهای اعمال شده به‌ویژه ازوناسیون، دلیل اصلی تغییرات رنگی کمتر در نمونه‌های تیمار شده در پژوهش حاضر می‌باشد.

۵.۳. ویژگی‌های حسی

خصوصیات اورگانولپتیکی برگه‌های سیب خشک شده در جدول (۵) نشان داده است. از نظر تمام ویژگی‌های حسی، برگه‌های سیب شاهد و بدون پیش‌تیمار تهیه شده از سیب منطقه بالانج کمترین امتیاز را کسب نمود که در بین آن‌ها حداقل امتیاز مربوط به رنگ بود (امتیاز ۲/۷۳). بیشترین امتیاز خصوصیات حسی را برگه‌های حاصل از سیب منطقه کشتیبان کسب نمودند و نمونه‌های شمس حاجیان و دره شهدا به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. از نظر تأثیر پیش‌تیمارها روی پارامترهای کیفی نیز اثرات متفاوت بود. تأثیر ازوناسیون و تابش UV بر روی رنگ، بافت و پذیرش کلی معنی دار بود اما این تیمارها تأثیر معنی‌دار بر روی عطر و طعم محصول نشان ندادند. این بررسی‌ها مشخص می‌کند که انجام پیش‌تیمارها بیشتر بر روی خصوصیات ظاهری مانند رنگ و چروکیدگی برگه‌ها تأثیرگذار است و طعم و مزه و بوی محصول تحت تأثیر این تیمارها قرار نمی‌گیرد. به‌طور کلی ازوناسیون موثرتر از تابش نور UV بود اما تلفیق ازوناسیون و تابش دهی بیشترین تأثیر مثبت را داشت و نمونه‌های سیب کشتیبان تیمار شده با ازون و UV بیشترین امتیازات ارزیابی حسی را در همه پارامترهای مورد بررسی کسب نمودند که به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر نمونه‌ها بود ($p < 0.05$).

۶.۳. بررسی باقی‌مانده سموم

میزان باقی‌مانده سموم در نمونه‌های سیب تازه و همچنین برگه‌های خشک شده، با استفاده از آزمون GC-Mass به‌دست آمد و داده‌ها با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۱۱۷ [۲۰] که با موضوع مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها در میوه‌ها تدوین شده

مشخص بود، برگه‌های حاصل از سیب بالانج بیشترین میزان اندیس ΔE را نشان دادند که اختلاف معنی‌داری با همه نمونه‌های دیگر داشت. این نتایج نشان می‌دهد که سیب این منطقه از شهرستان ارومیه، به‌دلیل شرایط بافتی و خصوصیات شیمیایی و یا احتمالاً شدت فعالیت آنزیم‌های داخلی آن، سیب مناسبی برای تولید محصولات خشکبار محسوب نمی‌شود. در مقابل، سیب منطقه کشتیبان کمترین اختلاف رنگ را با سیب تازه داشت که نشان دهنده تغییرات رنگی کمتر آن در طی خشک کردن می‌باشد. مقایسه بین پیش‌تیمارها نشان می‌دهد که در همه‌ی نمونه‌ها تابش دهی نور UV باعث افزایش معنی‌دار در مقادیر اندیس ΔE شده است. همان‌طور که اشاره شد، تغییر پیگمنت‌های طبیعی و تماس با هوا در طی تابش دهی دلایل این تغییرات می‌باشند. تأثیر کاهشی ازوناسیون تنها در نمونه سیب بالانج مشاهده شد. همان‌طور که اشاره شد، احتمالاً در سیب این منطقه فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز بالاست و بنابراین نفوذ ازون و تأثیر آن روی این آنزیم، باعث کاهش معنی‌دار در اختلاف رنگ برگه‌ها شده است. با توجه به شکل، ازوناسیون، تأثیر منفی تابش نور UV را نیز کاهش داده و در نمونه‌های تیمار شده با تلفیق این دو، اندیس ΔE کاهش معنی‌داری داشته است ($p < 0.05$).

قهوه‌ای شدن مهم‌ترین تغییر ظاهری نامطلوب در حین تولید محصولات خشکبار محسوب می‌شود. جدول (۴) مقادیر اندیس BI برگه‌های خشک شده را نشان می‌دهد. این شاخص نیز برای سیب‌های منطقه بالانج به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر مناطق بود. نمونه‌های حاصل از منطقه کشتیبان کمترین شاخص قهوه‌ای شدن را نشان دادند. در شکل (۳) نیز شباهت ظاهری برگه‌های خشک شده حاصل از این منطقه به برش‌های سیب تازه کاملاً مشهود است. تغییرات در روند اندیس BI نیز مشابه اندیس ΔE بود. تابش UV باعث افزایش معنی‌دار این پارامتر شد اما زمانی که از ازوناسیون پیش از تابش‌دهی استفاده شد، قهوه‌ای شدن به‌طور محسوسی کاهش پیدا کرد که در مورد مکانیسم و دلیل آن بحث شد. کوئی و همکاران [۲۴] از روش گرمایش میکروویو و خشک کردن انجمادی برای تولید برگه خشک سیب استفاده کردند و بیان نمودند که در حالت استفاده از میکروویو به‌دلیل تخریب سریع آنزیم‌های داخل بافتی، قهوه‌ای شدن متوقف می‌شود اما در سیب خشک شده به روش انجمادی، چون آنزیم‌ها

جدول (۵) نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های برگه خشک سیب تهیه شده با پیش تیمارهای مختلف.

Table 5 Sensorial evaluation results of dried apple slices prepared by different pretreatments.

نمونه	تیمار	رنگ	بافت	عطر	طعم	پذیرش کلی
Sample	Treatment	Color	Texture	Aroma	Taste	Total acceptance
شمس حاجیان Shams hajian	Control	4.63±0.11 ^c	4.60±0.10 ^{def}	4.43±0.05 ^{cdef}	4.63±0.11 ^{efg}	4.60±0.00 ^{de}
	Ozone	4.76±0.05 ^{efg}	4.36±0.05 ^{cde}	4.33±0.11 ^{bcd}	4.50±0.10 ^{cdef}	4.53±0.15 ^{de}
	UV	4.40±0.10 ^d	4.30±0.10 ^{cd}	4.56±0.05 ^{defg}	4.60±0.26 ^{efg}	4.60±0.10 ^{de}
	Ozone-UV	4.93±0.11 ^{gh}	4.66±0.11 ^{ef}	4.53±0.20 ^{cdefg}	4.50±0.00 ^{cdef}	4.66±0.05 ^e
دره شهدا Darreh shohada	Control	4.16±0.11 ^c	4.06±0.30 ^{bc}	4.43±0.15 ^{cdef}	4.50±0.10 ^{cdef}	4.06±0.11 ^b
	Ozone	4.40±0.10 ^d	4.36±0.15 ^{cde}	4.53±0.05 ^{cdefg}	4.50±0.17 ^{cdef}	4.50±0.10
	UV	4.40±0.00 ^d	4.63±0.05 ^{ef}	4.36±0.15 ^{bcd}	4.30±0.10 ^{abcd}	4.40±0.17 ^{cd}
	Ozone-UV	4.43±0.05 ^d	4.53±0.05 ^{de}	4.76±0.05 ^g	4.16±0.15 ^{ab}	4.43±0.30 ^{de}
بالانج Balanej	Control	2.73±0.05 ^a	3.36±0.15 ^a	4.03±0.05 ^a	4.06±0.05 ^a	3.38±0.05 ^a
	Ozone	3.86±0.15 ^b	4.46±0.40 ^{de}	4.16±0.15 ^{ab}	4.40±0.17 ^{bcd}	4.13±0.05 ^b
	UV	4.06±0.11 ^c	3.86±0.11 ^b	4.60±0.00 ^{efg}	4.26±0.05 ^{abc}	4.03±0.05 ^{ab}
	Ozone-UV	4.46±0.05 ^d	4.36±0.15 ^{cde}	4.43±0.15 ^{cdef}	4.43±0.20 ^{bcd}	4.20±0.10 ^{bc}
کشتیبان Kashtiban	Control	4.73±0.05 ^{ef}	4.66±0.11 ^{ef}	4.30±0.26 ^{bc}	4.56±0.05 ^{defg}	4.53±0.05 ^{de}
	Ozone	5.00±0.00 ^h	4.90±0.17 ^{fg}	4.66±0.05 ^{fg}	4.73±0.05 ^{fg}	5.00±0.00 ^f
	UV	4.83±0.20 ^{fgh}	4.53±0.05 ^{de}	4.16±0.15 ^{ab}	4.53±0.05 ^{cdef}	4.66±0.15 ^e
	Ozone-UV	5.00±0.00 ^h	5.00±0.00 ^g	4.66±0.11 ^{fg}	4.83±0.23 ^g	4.90±0.10 ^f

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است (p<0.05).

آفت کش بود (۱ ppm). در سیب منطقه‌ی بالانج نیز حشره‌کش و کنه‌کش پیریدابن در غلظتی بیشتر از ده برابر حد مجاز تشخیص داده شد. دلیل چنین غلظت بالایی از سم باقی‌مانده، احتمالاً به زمان سمپاشی این نمونه مربوط می‌شود. با توجه به داده‌های جدول (۱)، فاصله بین سمپاشی و برداشت سیب منطقه بالانج تنها هفت روز بوده است و بنابراین این زمان کوتاه و سپری نشدن دوره کارنس، باعث افزایش میزان باقی‌مانده آن در نمونه شده است. بنابراین زمان سمپاشی و در نظر گرفتن دوره کارنس و فاصله بین سمپاشی تا برداشت بر روی میزان باقی‌مانده سموم در محصول نهایی موثر خواهد بود. لازم به ذکر است که حشره کش کلروپیریفوس در سیب هر سه منطقه دره شهدا، بالانج و کشتیبان توسط کشاورزان مورد استفاده قرار گرفته بود و در سیب تازه برداشت شده نیز تشخیص داده شدند. با این وجود تنها در سیب دره شهدا مقدار آن از حد MRL تجاوز کرده بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر خصوصیات شیمیایی آفت‌کش‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر نور خورشید و دمای بالا و همچنین رعایت دوره کارنس، فرهنگ سمپاشی کشاورزان نیز در میزان باقی‌مانده سموم در میوه تأثیرگذار است. استفاده از دوز

است، انطباق داده شد. جداول ۶-۹ مشخصات آفت‌کش‌های باقی‌مانده در سیب تازه حاصل از مناطق مختلف مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اکثر سموم باقی‌مانده از جنس حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها هستند و این نوع آفت‌کش‌ها رایج‌ترین سموم مورد استفاده در مرحله آخر سمپاشی میوه سیب محسوب می‌شوند. فن والرات، کلروپیریفوس و فوسون متداول‌ترین حشره‌کش‌های استفاده شده در سیب‌های مورد مطالعه بودند. از نظر تنوع باقی‌مانده سموم، در سیب حاصل از منطقه شمس حاجیان چهار باقی‌مانده آفت‌کش تشخیص داده شد و سیب بالانج دارای سه نوع باقی‌مانده بود و در دو نمونه‌ی دیگر تنها دو نوع آفت‌کش تشخیص داده شد. از نظر حد مجاز باقی‌مانده سموم نیز سیب‌های تازه وضعیت متفاوتی داشتند. سیب شمس حاجیان با وجود دارا بودن بیشترین تعداد باقی‌مانده آفت‌کش‌ها، غلظت پایینی از هرکدام از آن‌ها را داشت و مقدار هیچ آفت‌کشی از مرز بیشینه مانده آفت‌کش (MRL) عبور نکرده بود. در نمونه‌ی برداشت شده از منطقه دره شهدا هرچند که تعداد باقی‌مانده سموم کم بود اما حشره کش کلروپیریفوس در غلظت ۱/۱۰۶ ppm مشاهده شد که بالاتر از حد MRL این

مقاوم به حرارت در محصولات خشکبار افزایش می‌یابد. تاکنون استاندارد ملی در خصوص باقی‌مانده سموم در محصولات خشکبار تدوین نشده است تا بتوان این نتایج را با آن مقایسه نمود و تطبیق داد.

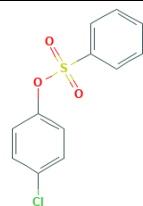
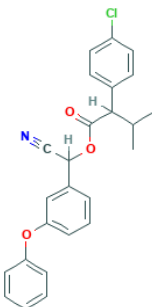
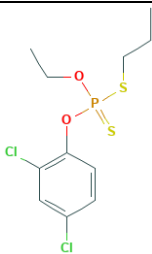
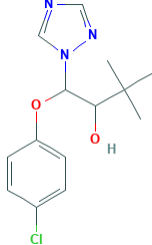
بررسی تأثیر پیش تیمارهای ازون و تابش نور UV نشان می‌دهد که هر دو تیمار بر روی کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها موثر بوده‌اند. در نمونه برگه سیب دره شهدا (شکل ۴A) ازوناسیون توانست غلظت کلروپیریفوس را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. در برگه سیب منطقه بالانج نیز ازوناسیون اثر قابل توجهی در کاهش غلظت هر دو سم داشت. اونگ و همکاران [۲۸] از تیمار کلریناسیون و ازوناسیون آب شست و شو جهت حذف آزینفوس-متیل و چند آفت‌کش دیگر از سیب تازه استفاده نمودند و کاهش ۵۰ تا ۱۰۰٪ در میزان باقی‌مانده این سموم در حالت استفاده از ازون را مشاهده کردند. این محققین ازون را موثرتر از کلر در حذف باقی‌مانده سموم تشخیص دادند. هوانگ و همکاران [۲۹] نیز کاهش ۵۶-۹۷٪ باقی‌مانده منکوزب (Mancozeb) را در سیب تحت تأثیر تیمار ازون گزارش نمودند. کوسووران و همکاران [۱۳] نیز تأثیر تیمار ازون را در کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها از مرکبات بررسی نمودند. آن‌ها مشاهده کردند که ازوناسیون با غلظت ۱۰ ppm به مدت ۵ min قادر است میزان باقی‌مانده کلروپیریفوس و تترا دیفون در بافت لیمو و گریپ فروت را به ترتیب تا ۹۴/۲ و ۹۸/۶٪ کاهش دهد. ایکنورا و همکاران [۳۰] نیز کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در کاهو، گوجه فرنگی و توت فرنگی را در حالت شست و شو با ازون تأیید نمودند. ازون خاصیت میکروب کشی نیز دارد و برای اهداف مختلف در صنایع غذایی استفاده می‌شود [۳۱]. مکانیسم‌های متعددی برای تأثیر ازوناسیون در حذف باقی‌مانده سموم آلی در مواد غذایی پیشنهاد شده است. تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و حمله‌ی آن‌ها به پیوندهای دوگانه خصوصاً پیوندهای موجود در ساختمان حلقه‌های فنولی، مهمترین مکانیسم پیشنهادی برای تأثیر ازون روی ترکیبات آلی است. درواقع ازوناسیون بهترین مثال برای جذب گاز توسط یک واکنش شیمیایی است. در حضور آب، ازون تولید هیدروژن پروکسید می‌کند و مجدداً تأثیر حضور ازون در محیط، باعث تولید رادیکال هیدروکسیل ($\text{OH}^\bullet$) و سایر گونه‌های اکسیژنی فعال از مولکول‌های آب می‌شود و این ترکیبات فعال در مرحله‌ی بعدی باعث تجزیه ترکیبات آلی می‌شوند [۱۲]. فرایندهای زیر

بالای سم در مقادیر بیشتر از حد توصیه شده باعث افزایش غلظت باقی‌مانده سم حتی پس از طی دوره کارنس آن می‌شود و لازم است در این زمینه توصیه‌ها و آموزش‌های لازم به کشاورزان داده شود. همچنین بایستی به این نکته توجه داشت که به دلیل آبدوستی اغلب آفت‌کش‌ها امکان نفوذ آن‌ها به بافت داخلی محصول وجود دارد و نمی‌توان انتظار داشت که تنها با شست و شوی معمولی بتوان میزان باقی‌مانده سموم را کاهش داد. به عنوان مثال بولاید و همکاران [۲۶] بیان کردند که درصد نفوذ آفت‌کش پیریدابن از سطح گوجه فرنگی به بافت داخلی آن در طول ۴۸ ساعت برابر ۳۰٪ میزان پیریدابن موجود در سطح محصول می‌باشد. چنین رقمی در خصوص انتشار آفت‌کش‌های مختلف به بافت داخلی خیار نیز گزارش شده است [۲۷] و مسلماً در خصوص سیب نیز چنین پدیده‌ای دور از انتظار نخواهد بود.

با توجه به این که میزان باقی‌مانده سموم تنها در نمونه‌های سیب مناطق دره شهدا و بالانج بیشتر از حد مجاز و غیراستاندارد بود، بنابراین در مرحله تولید برگه‌های خشک شده، فقط محصول به‌دست آمده از سیب این دو منطقه از نظر باقی‌مانده سموم مورد مطالعه قرار گرفتند. شکل (۴) مقادیر باقی‌مانده سموم در برگه‌های خشک سیب دو منطقه دره شهدا و بالانج را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، در برگه خشک سیب دره شهدا نیز حشره کش کلروپیریفوس مشاهده شد (شکل ۴-a). این امر، پایداری حرارتی بالای این حشره کش را نشان می‌دهد به نحوی که طی ۵ ساعت خشک کردن در دمای 60°C از بین نرفته و در محصول نهایی باقی می‌ماند. مقایسه‌ی مقدار این سم در نمونه‌ی کنترل با سیب تازه نشان دهنده‌ی افزایش غلظت آن در برگه خشک سیب است. به‌طوری‌که غلظت باقی‌مانده این حشره کش از ۱/۱۰۶ ppm در سیب تازه به ۱/۲۳۷ ppm در برگه خشک رسیده است. در برگه خشک سیب منطقه بالانج نیز دو نوع آفت‌کش تشخیص داده شد. اتیون (شکل ۴-b) و پیریدابن (شکل ۴-c) که غلظت هردوی آن‌ها نیز بیشتر از سیب تازه بود. مسلماً خروج آب در حین خشک کردن و افزایش ماده خشک برگه سیب دلیل این افزایش غلظت در نمونه‌های خشک شده بوده است. همین امر دلیل اصلی معضل باقی‌مانده سموم در محصولات خشکبار محسوب می‌شود. به‌طوری‌که ممکن است در میوه‌ی تازه مقدار باقی‌مانده سموم کمتر از حد مجاز استاندارد باشد اما زمانی که میوه خشک می‌شود، میزان باقی‌مانده سموم

جدول (۶) نوع و خصوصیات سموم شیمیایی باقی‌مانده در سیب تازه برداشت شده از منطقه شمس حاجیان.

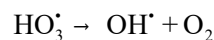
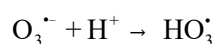
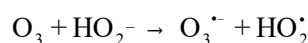
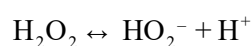
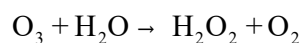
Table 6 Type and characteristics of pesticide residues in the fresh apple of Shams hajian region.

مرز بیشینه مانده آفت کش Maximum residue limitation (MRL) (mg/Kg)	میزان مشاهده شده Observed amount (mg/Kg)	نوع آفت کش Type of pesticide	ساختار شیمیایی Chemical structure	نام آفت کش Name of pesticide
0.05	0.016	Acaricide		Fenson
2	0.038	Insecticide		Fenvalerate
0.05	0.011	Insecticide		Prothiofos
0.05	0.01	Fungicide		Triadimenol

دوگانه‌ی کربن - کربن در ساختمان آفت‌کش‌ها است که به تولید ازوناید (Ozonide) منجر می‌شود. احیاء ازوناید در مرحله بعدی و زمانی که در تماس با آب قرار بگیرد به تولید هیدروژن پروکسید منجر شده و در نهایت تجزیه ترکیب آلی را به دنبال خواهد داشت [۳۲].

تابش دهی نور UV روی اسلایس‌های تازه سیب نیز باعث کاهش باقی‌مانده سموم پس از خشک کردن آن‌ها شد. هرچند که تأثیر UV مخصوصاً در سیب بالانچ کمتر از ازوناسیون بود. فوتولیز مستقیم یکی از مکانیسم‌های تأیید شده در خصوص تأثیر

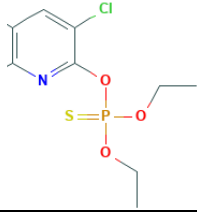
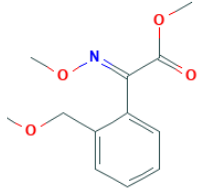
مکانیسم واکنش‌های زنجیری تولید رادیکال هیدروکسیل در طی شست و شو با ازون را نشان می‌دهند [۱۲]:



مکانیسم پیشنهادی دوم، واکنش مستقیم ازون با پیوندهای

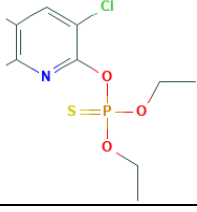
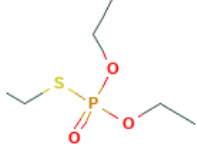
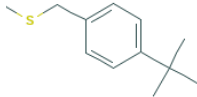
جدول (۷) نوع و خصوصیات سموم شیمیایی باقی مانده در سیب تازه برداشت شده از منطقه دره شهدا.

Table 7 Type and characteristics of pesticide residues in the fresh apple of Darreh shohada region.

مرز بیشینه مانده آفت کش Maximum residue limitation (MRL) (mg/Kg)	میزان مشاهده شده Observed amount (mg/Kg)	نوع آفت کش Type of pesticide	ساختار شیمیایی Chemical structure	نام آفت کش Name of pesticide
1	1.106	Insecticide		Chloropyrifos
2	0.032	Fungicide		Kresoxim-methyl

جدول (۸) نوع و خصوصیات سموم شیمیایی باقی مانده در سیب تازه برداشت شده از منطقه بالانج.

Table 8 Type and characteristics of pesticide residues in the fresh apple of Balanej region.

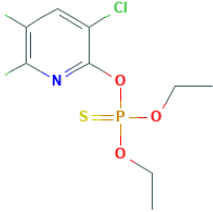
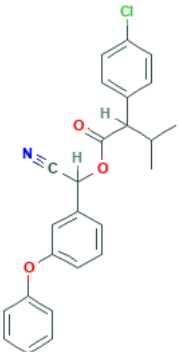
مرز بیشینه مانده آفت کش Maximum residue limitation (MRL) (mg/Kg)	میزان مشاهده شده Observed amount (mg/Kg)	نوع آفت کش Type of pesticide	ساختار شیمیایی Chemical structure	نام آفت کش Name of pesticide
1	0.029	Insecticide		Chloropyrifos
1	0.297	Insecticide		Ethion
0.05	0.662	Insecticide, Acaricide		Pyridaben

دآلکیلاسیون سایر ترکیبات شیمیایی باعث تحریک آنها شده و از طریق این ترکیبات به صورت غیرمستقیم باعث تجزیه باقی مانده سموم می شود [۳۳]. به طور کلی، تأثیر تابش نور UV در حذف آفت کش ها کمتر از سایر تیمارها مانند اولتراسوند و ازوناسیون دانسته شده است. دلیل این امر قدرت نفوذ کمتر نور

تابش نور UV روی تجزیه برخی آفت کش ها محسوب می شود زیرا به لحاظ ساختار شیمیایی، برخی از سموم قادرند نور UV مخصوصاً در ناحیه C با طول موج ۲۸۰-۲۰۰ nm را جذب کنند و این امر باعث تجزیه آنها می شود [۱۲]. همچنین پیشنهاد شده است که تابش دهی نور UV در اثر اکسیداسیون، هیدرولیز یا

جدول (۹) نوع و خصوصیات سموم شیمیایی باقی‌مانده در سیب تازه برداشت شده از منطقه کشتیان.

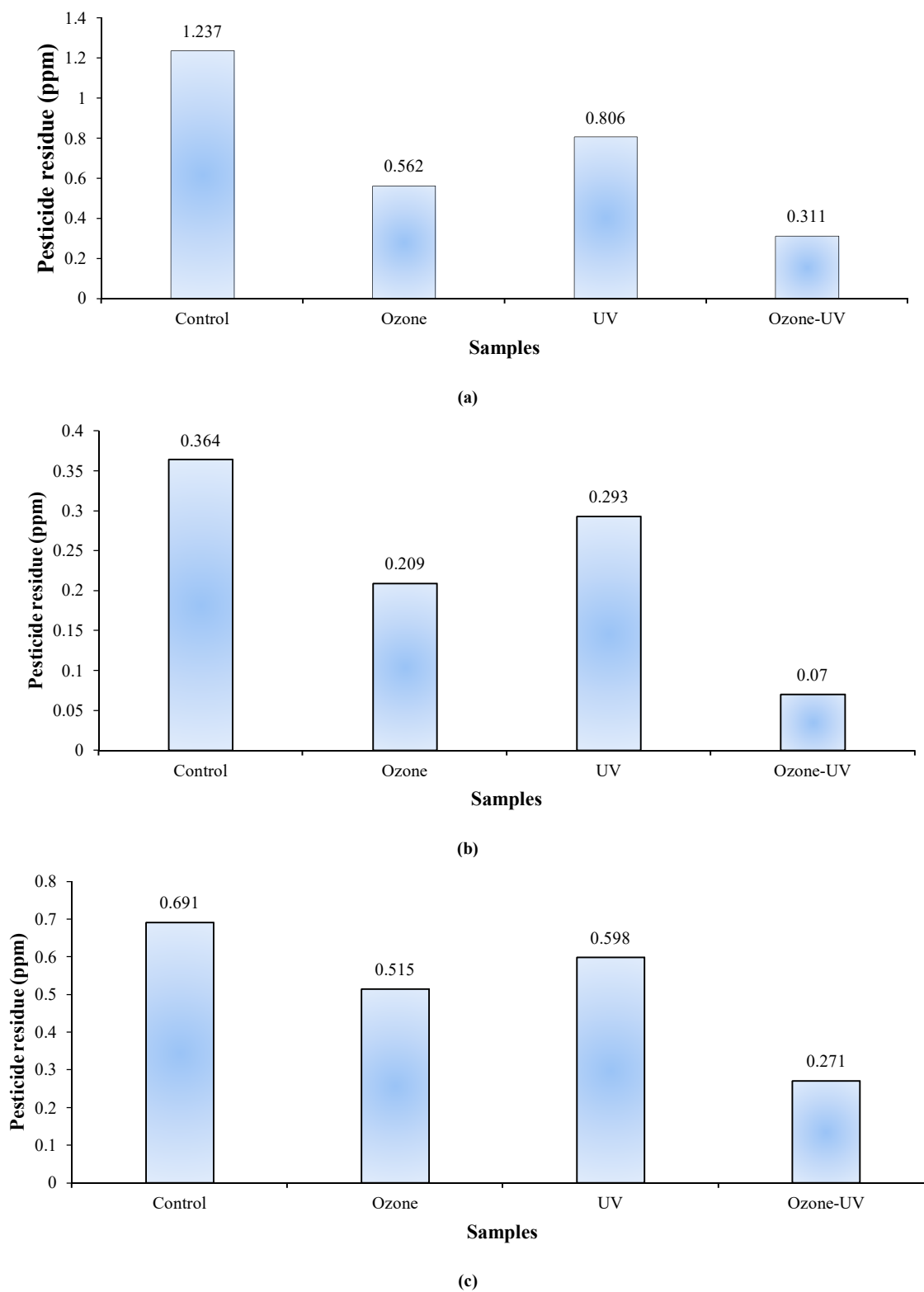
Table 9 Type and characteristics of pesticide residues in the fresh apple of Kashtiban region.

نام آفت کش Name of pesticide	ساختار شیمیایی Chemical structure	نوع آفت کش Type of pesticide	میزان مشاهده شده Observed amount (mg/Kg)	مرز بیشینه مانده آفت کش Maximum residue limitation (MRL) (mg/Kg)
Chlorpyrifos		Insecticide	0.012	1
Fenvalerate		Insecticide	0.019	2

باعث کاهش ۶۰ درصدی در غلظت این سم نسبت به برگه خشک نمونه کنترل شد. لافی و ال کداه [۳۶] مشاهده کردند که ازوناسیون و تابش دهی همزمان نور UV باعث بهبود سطح کاهش آفت‌کش‌ها در محلول آبی می‌شود. آن‌ها بیان کردند که غلظت رادیکال هیدروکسیل در حالت استفاده توام از این دو تیمار افزایش یافته و در نتیجه توانایی تجزیه آفت‌کش‌ها افزایش می‌یابد. هرچند که در تحقیق حاضر استفاده از این دو تیمار به صورت همزمان نبوده است، اما نفوذ ازون به بافت داخلی سیب و باقی ماندن آن در سطح محصول و بلافاصله تابش دهی آن با نور UV می‌تواند تأثیر مشابهی را به دنبال داشته باشد.

با توجه مقادیر متفاوت درصد کاهش سموم می‌توان نتیجه گرفت که پایداری آفت‌کش‌ها در برابر تیمارهای مختلف متفاوت بوده و باید سینتیک تجزیه آن‌ها تحت تأثیر تیمارهای فیزیکی و شیمیایی مختلف به دقت مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان مثال ژانگ و همکاران [۱۰] با بررسی تأثیر تیمار فراصوت را در سینتیک تجزیه کلروپیریفوس و مالاتیون در آب سیب به این نتیجه رسیدند که کلروپیریفوس به این تیمار فیزیکی حساس‌تر از مالاتیون بوده و با سرعت بیشتری تخریب می‌شود.

UV در سیستم‌های جامد و محلول‌های کدر می‌باشد که باعث می‌شود قدرت عمل آن تنها به نواحی سطحی محصول غذایی محدود شود [۳۴]. با این وجود، نور UV در تجزیه آفت‌کش‌ها موثرتر از اشعه گاما تشخیص داده شده است. به عنوان مثال هرزاله [۳۵] مشاهده کرد که تابش نور UV-C به مدت ۱۰ min قادر است باقی‌مانده آفت‌کش‌های ارگانوکلره در آب سیب را به صفر برساند درحالی‌که تابش دهی اشعه گاما (۲۵ kGray) در همین زمان تنها ۳۰٪ کاهش در غلظت این سموم را باعث شد. بیشترین تأثیر را در کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها تلفیق ازوناسیون و تابش دهی نور UV داشت. در این نمونه‌ها کاهش قابل توجه در غلظت سموم باقی‌مانده مشاهده شد. به‌طوری‌که میزان کلروپیریفوس در نمونه‌ی Ozone-UV در برگه سیب دره شهدا نسبت به نمونه کنترل ۷۴٪ کاهش یافت. افت کش اتیون در سیب بالانج نیز در حالت تلفیق هردو تیمار حدود ۸۰٪ کاهش نشان داد و غلظت آن به نزدیک صفر رسید. میزان آفت‌کش پیریدابن در برگه سیب بالانج به دلیل دوز بالای مصرف هرچند که به مقادیر پایین‌تر از استاندارد سیب تازه نرسید، اما تیمار Ozone-UV بر روی این آفت‌کش نیز بیشترین تأثیر را داشت و



شکل (۴) تأثیر پیش تیمارهای ازون و UV بر روی میزان باقی مانده سموم کلروپیریفوس در برگه سیب دره شهدا (a) و سموم اتیون (b) و پیریدابن (c) در برگه سیب بالانج

Fig. 4 Effect of ozone and UV pretreatments on pesticide residues of Chlorpyrifos in dried apple slices of Darreh shohada a), Ethion b) and Pyridaben c) pesticides in samples of Balanej

۴. نتیجه گیری

ذکر است که کارایی این دو تیمار باید بر روی تعداد سموم بیشتری بررسی شود تا اثر واقعی آن‌ها به صورت کلی و نه در مورد سموم خاص مشخص شود. همچنین برای تأیید ایمنی و سلامت سیب هر منطقه لازم است تعداد نمونه برداری‌های بیشتری صورت گیرد تا بتوان در خصوص میزان باقی‌مانده سموم در محصول آن منطقه به‌طور قطع قضاوت نمود.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر با همکاری و حمایت مالی شرکت محترم تاک فردوس صورت پذیرفته است. نویسندگان مقاله از حمایت‌های بی‌دریغ مدیرعامل محترم شرکت آقای امیررضا رنجی و پرسنل گرامی آن واحد تولیدی از بابت همکاری در اجرای پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارند. همچنین از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه در حمایت مالی و ثبت پژوهش حاضر به‌عنوان پایان نامه تقاضا محور قدردانی می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هرچند که در طی خشک کردن برگه‌های سیب از دماهای بالا استفاده می‌شود، اما این دما قادر نیست تمام باقی‌مانده سموم را از بین ببرد و بنابراین باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصول خشک‌بار می‌تواند به یک چالش اساسی برای محصولات فراوری سیب تبدیل شود. بررسی‌ها نشان داد که شست و شو با ازون و تابش دهی نور UV قادرند باقی‌مانده سموم در برگه‌های سیب را تا حد قابل توجهی کاهش دهند و حالت استفاده از تلفیق این دو پیش تیمار، بیشترین تأثیر را نشان داد. این درحالی بود که استفاده از این پیش تیمارها نه تنها اثر منفی بر روی رنگ و خصوصیات حسی و فیزیکی برگه‌های سیب نشان نداد بلکه به ثبات رنگ و حفظ شکل محصول نیز کمک کرد. بنابراین می‌توان بدون به‌کارگیری مواد شیمیایی و با استفاده از این دو نوع پیش تیمار فیزیکی، باقی‌مانده سموم در محصولات خشک‌بار سیب را کاهش داد بدون این‌که تغییر نامطلوبی در خصوصیات اورگانولپتیک آن‌ها ایجاد شود. با این وجود لازم به

منابع

- (2010). Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach. *Food Chem. Toxicol.*, 48(1), 1-6.
- [9] Zhang, Y., Xiao, Z., Chen, F., Ge, Y., Wu, J., & Hu, X. (2010). Degradation behavior and products of malathion and chlorpyrifos spiked in apple juice by ultrasonic treatment. *Ultrasonics Sonochem.*, 17(1), 72-77.
- [10] Zhang, Y., Zhang, W., Liao, X., Zhang, J., Hou, Y., Xiao, Z., Chen, F., & Hua, X. (2010). Degradation of diazinon in apple juice by ultrasonic treatment. *Ultrasonics Sonochem.*, 17(4), 662-668.
- [11] Graham, D.M. (1997). Use of ozone for food processing. *Food Tech.*, 51(6), 121-137.
- [12] Misra, N.N. (2015). The contribution of non-thermal and advanced oxidation technologies towards dissipation of pesticide residues. *Trend. Food Sci. Technol.*, 45(2), 229-244.
- [13] Kusvuran, E., Yildirim, S., Mavruk, F., & Ceyhan, M. (2012). Removal of chloropyrifos ethyl, tetradifon and chlorothalonil pesticide residues from citrus by using ozone. *J. Hazard. Mater.*, 241(2), 287-300.
- [14] Lee, Y.G., Koo, J.H., & Kim, J. (2015). Influence of cloud fraction and snow cover to the variation of surface UV radiation at King Sejong station, Antractica. *Atmosferic Res.*, 164(1), 99-109.
- [1] Official statistics of agricultural ministry, (2017). Statics of garden crops production at 2017 based on province and product type, page 89. [In Persian].
- [2] Prakash, O., & Kumar, A. (2013). Historical review and recent trends in solar drying systems. *Int. J. Green Energ.*, 10(7), 690-738.
- [3] Hyson, D. (2011). A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. *Adv. Nut.*, 2(5), 408-420.
- [4] Bajwa, U., & Sandhu, K.S. (2014). Effect of handling and processing on pesticide residues in food- a review. *J. Food Sci. Tech.*, 51(2), 201-220.
- [5] Ikehata, K., & El-Din, M.G. (2006). Aqueous pesticide degradation by hydrogen peroxide/ultraviolet irradiation and Fenton-type advanced oxidation processes: A review. *J. Env. Eng. Sci.*, 5(2), 81-135.
- [6] Sharma, D., Nagpal, A., Pakade, Y.B., & Katnoria, J.K. (2010). Analytical methods for estimation of organophosphorus pesticide residues in fruits and vegetables: A review. *Talanta*, 82(4), 1077-1089.
- [7] Claeys, W.L., Schmit, J.F., Bragard, C., Maghuin-Rogister, G., Pussemier, L., & Schiffrs, B. (2011). Exposure of several Belgian consumer groups to pesticide residues through fresh fruit and vegetable consumption. *Food Cont.*, 22(3), 508-516.
- [8] Keikotlhaile, B.M., Spanoghe, P., & Steurbaut, W.

- [28] Ong, K.C., Cash, J.N., Zabik, M.J., Siddiq, M., & Jones, A.L. (1996). Chlorine and ozone washed for pesticide removal from apples and processed apple sauce. *Food Chem.*, 55(2), 153-160.
- [29] Hwang, E.S., Cash, J. N., & Zabik, M. J. (2001). Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in fresh apples. *J. Agric. Food Chem.*, 49(6), 3127-3132.
- [30] Ikeura, H., Kobayashi, F., & Tamaki, M. (2011). Removal of residual pesticides in vegetables using ozone microbubbles. *J Hazard Mater*, 186(1), 956-959.
- [31] Brodowska, A.G., Nowak, A., & Śmigielski, K. (2017). Ozone in the food industry: principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications. an overview. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.*, 58, 2176-2201.
- [32] Al Rashidi, M. J., Chakir, A., & Roth, E. (2013). Heterogeneous ozonolysis of folpet and dimethomorph: a kinetic and mechanistic study. *J. Phys. Chem. A*, 117(13), 2908-2915.
- [33] Brun, O. L., Merlet, N., Croue, J. P., & Doré, M. (1993). Phototransformations de composés phytosanitaires en milieu aqueux. *Sci. Technol. l'Eau*, 26(14), 97-101.
- [34] Autin, O., Hart, J., Jarvis, P., MacAdam, J., Parsons, S.A., & Jefferson, B. (2013). The impact of background organic matter and alkalinity on the degradation of the pesticide metaldehyde by two advanced oxidation processes: UV/H₂O₂ and UV/TiO₂. *Water Res*, 47(6), 2041-2049.
- [35] Herzallah, S. (2009). Effect of UV-light and γ -irradiation of apple juice on organochlorinated pesticide residues. *Bulletin Facult. Agri. Cairo Univ.*, 60(2), 206-212.
- [36] Lafi, W. K., & Al-Qodah, Z. (2006). Combined advanced oxidation and biological treatment processes for the removal of pesticides from aqueous solutions. *J. Hazard. Mater.*, 137(1), 489- 497.
- [15] Nieto, L.M., Hodaifa, G., & Casanova, M.S. (2009). Elimination of pesticide residues 790 from virgin olive oil by ultraviolet light: preliminary results. *J. Hazard. Mater.*, 168(1), 555-559.
- [16] Emam-Djomeh, Z., & Asghari, G. (2006). Using of combined drying method (coating, air drying and microwave) for drying of apple slices. *Iran Agri. Sci. J.*, 35(3), 777-785. [In Persian]
- [17] Moradian, S., Almasi, H., & Moini, S. (2017). Development of bacterial cellulose-based active membranes containing herbal extracts for shelf life extension of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *J. Food Proces. Preserv.*, 42(3), 211-219.
- [18] Noori, S., Zeynali, F., & Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Cont.*, 84(1), 312-320.
- [19] Iran National Standard, No. 17026 (2013). Plant based foods-determination of pesticide residues by gas chromatography or liquid chromatography-mass spectroscopy after acetonitrile extraction and dispersive solid phase extraction. Analysis method. [In Persian].
- [20] Iran National Standard, No. 13117 (2014). Pesticides- Maximum limit of detection in fruits. [In Persian].
- [21] Okyay-Menges, H., & Ertekin, C. (2006). Mathematical modeling of thin layer drying of golden apples. *J. Food Eng.*, 77(1), 119-125.
- [22] Iran National Standard, No. 3612 (2005). Characteristics and test methods of dried apple. [In Persian].
- [23] Kiani, H., Zardari, M., & Ebrahimi, R. (2017). Investigation of the drying kinetics of dried apple slices after gamma irradiation. *Iran Food Sci. and Tech.*, 14(64), 61-72.
- [24] Cui, Z.W., Li, C.W., Song, C.F., & Song, Y. (2008). Combined microwave-vacuum and freeze drying of carrot and apple chips. *Drying Tech.*, 26(12), 92-104.
- [25] Emam-Djomeh, Z., Dehghannya, J., & Sotudeh Gharabagh, R. (2006). Assessment of osmotic process in combination with coating on effective diffusivities during drying of apple slices. *Drying Tech.*, 24(9), 31-39.
- [26] Boulaid, M., Aguilera, A., Camacho, F., Soussi, M., & Valverde, A. (2005). Effect of household processing and unit-to-unit variability of pyrifenoxy, pyridaben and tralomethrin residues in tomatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 53(10), 4054-4058.
- [27] Cengiz, M.F., Certel, M., Karakas, B., & Gocmen, H. (2006). Residue contents of DDVP (Dichlorvos) and diazinon applied on cucumbers grown in greenhouses and their reduction by duration of a pre-harvest interval and post-harvest culinary applications. *Food Chem.*, 98(1), 127-135.

*Research Article***Effect of ozone and UV irradiation on pesticide residues properties of dried slices produced by apples obtained from various regions of Urmia city****B Elham Sadeghi¹, Hadi Almasi^{2*}, MirKhalil Pirouzifard²****1. MSc Graduate, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.****2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.****Abstract**

The aim of this research was to evaluate the efficiency of ozone washing and UV irradiation on the decreasing of pesticide residues in dried apple slices. For this purpose, four apple samples were collected from different regions of Urmia city including Shams hajian, Darre shohada, Balanej and Kashtiban. The effects of ozonation of whole apple and UV irradiation of its slices on the moisture content, bulk and true density, color indices and sensorial attributes were investigated. Also, the amount of pesticide residues in the fresh apple and dried slices was studied by GC-Mass analysis. Results indicated that there is no significant difference between moisture content of samples ($p>0.05$). But both of growth region and applied pretreatments had significant effects on density and porosity of samples ($p<0.05$). According to the evaluation of optical properties, the dried slices obtained from Balanej region had the highest color changes (50-64) and shrinkage (27-36 percent). Both of pretreatments improved the color indices of samples, but the effect of ozone was more than UV. Generally, the slices that were produced from Kashtiban region and by combination of ozone and UV had the lowest browning index (28.46) and achieved the highest sensorial scores. The residual pesticides were higher than standard limits just in the samples of Darreh shoahda and Balanej. Results indicated that the ozonation and UV irradiation were able to decrease the pesticide residues in the slices between 60 to 80 percent depending to the type of pesticide. In general, ozone washing and UV irradiation are effective methods in the decreasing of pesticide residues in the dried apple slices without negative effect on their sensorial characteristics.

Keywords: Dried apple slice, Ozonation, Pesticide residue, Porosity, Browning.

* Corresponding author: h.almasi@urmia.ac.ir