مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۷ / شماره ۲۸/ پاییز ۱۳۸۵

مقایسهٔ آلودگی زدایی خشکبار(آلو، کشمش، و برگه) به دو روش مایکروویو و گوگردزنی*

سودابه عین افشار**

* برگرفته از طرح تحقیقاتی با عنوان «تعیین نوع و میزان آلودگی محصولات خشکبار استان خراسان و بررسی روش‌های مختلف کاهش آن»

** عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، نشانی: خراسان، مجتمع کشاورزی طرق، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان، ص. پ. ٤٨٨، تلفن: ٤-٣٨٢٢٣٠١ (٠٥١١)

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۱۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۳/۲۷

چکیده

به منظور توسعهٔ صادرات خشکبار، محصول تولیدی باید عاری از هر گونه آلودگی باشد. خشکبار تولیدی در ایران اغلب آلودگی‌های میکربی از جمله کپک و مخمر و یا کلی‌فرم‌ها را نشان می‌دهد که گاهی این آلودگی‌ها از حدود استاندارد نیز خارج است. به منظور حفظ بازارهای صادرات خشکبار ایران، باید روش‌های پاکسازی محصول از آلودگی‌های احتمالی معرفی شود. در این طرح ابتدا آزمون‌های شمارش کلی‌میکربی، کلی‌فرم‌ها، و کپک و مخمر نمونه‌های خشکبار (آلو، کشمش، و برگه، محصول سال ۱۳۸۰ در استان خراسان) انجام شد. پس از مشخص شدن مقدار و نوع آلودگی، نمونه‌های آلوده تحت دو روش شیمیایی (دود دادن با گوگرد) و فیزیکی (مایکروویو) آلودگی‌زدایی شد. سپس مجدداً آزمون‌های شمارش کلی‌میکربی، کلی‌فرم، و کپک و مخمر و تعیین میزان ویتامین ث انجام شد. میزان اسید اسکوربیک در نمونه‌های آلوی تیمار شده با مایکروویو (۲٦ میلی‌گرم درصد گرم)، به طور معنی‌داری از انواع تیمار شده با گوگرد (۲۰ میلی‌گرم درصد گرم) بیشتر بود اما این اختلاف در مورد محصولات کشمش و برگه معنی‌دار نبود. از سوی دیگر، باقیماندهٔ انیدریدسولفورو در کشمش تیمار شده با گوگرد ۱۲۰۰ قسمت در میلیون قسمت، از حدود استاندارد بالاتر بود، لذا روش تیمار با مایکروویو را جهت آلودگی‌زدایی از محصولات خشکبار آلوده می‌توان پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی

خشکبار، دود دادن، کاهش آلودگی، کپک و مخمر، کلی‌فرم‌ها، مایکروویو

مقدمه

خشکبار از جمله صادرات غیر نفتی باارزش ایران است. از آنجا که تولید خشکبار، به طریق سنتی و صنعتی نیاز به زمان دارد در صورتی که موازین اصولی و بهداشتی رعایت نشود احتمال بروز آلودگی‌های قارچی و باکتریایی در آن وجود دارد که در این حالت صادرات این محصول را با مشکل مواجه می‌کند. وجود میکرواورگانیسم بیش از حد مشخص در خشکبار موجب ارجاع محصول می‌شود و از این رو تعیین نوع و میزان آلودگی موجود در خشکبار از ابتدایی‌ترین فرایندهای تسهیل صادرات است. یافتن روش‌هایی به منظور پاکسازی محصول از آلودگی‌های احتمالی، راه را برای صادرات هموار می‌سازد و بازارهای جهانی این محصول مهم و استراتژیک را حفظ می‌کند.

قارچ در شرایط محیطی مطلوب، روی مواد مختلفی رشد می‌کند. به طور کلی، رشد قارچ‌ها به دلیل ظاهرشان و تولید طعم‌های نامطلوب زیان‌های اقتصادی به بار می‌آورد. بعضی کپک‌ها قادرند مواد سمی و سرطانزا تولید کنند که می‌توان با افزودن مواد نگهدارنده یا کنترل عوامل مؤثر بر رشد آنها، از تولیدشان جلوگیری کرد. تعداد کمی از قارچ‌ها قادرند در محیط‌هایی با a_w[1] پایین رشد کنند. بسیاری از گونه‌های

1- Water activity

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

آسپرژیلوس خشکی‌دوست هستند و معمولاً می‌توانند در محیط‌های حاوی قند یا نمک زیاد رشد کنند. ترکیبی از a_w پایین و نگهداری در دمای پایین، از رشد *آسپرژیلوس نایژر*[1] گونه‌های *پنی‌سیلیوم*[2] و *رایزوپوس*[3] ممانعت می‌کند و سبب می‌شود زمان نگهداری محصولات غذایی بیشتر شود (El-Halouat & Debevere, 1996; Horner & Anagnostopolous, 1973).

خشکبار را می‌توان با استفاده از برخی مواد شیمیایی مانند انیدرید سولفورو نگهداری کرد. این ماده علاوه بر اینکه از واکنش‌های قهوه‌ای شدن جلوگیری می‌کند در نگهداری ویتامین ث هم مؤثر است و از فعالیت‌های میکربی در دورهٔ انبارداری ممانعت می‌کند. این ماده در بعضی افراد ایجاد حساسیت‌هایی می‌کند لذا کاربرد مقدار دقیق این ماده اهمیت خاصی دارد. بر اساس مقررات غذا و دارو امریکا (FDA) در مورد مواد افزودنی و عناصر که از ابتدای ماه می سال ۲۰۰۳ اجرا شد، حداکثر مجاز کاربرد این ماده در مورد زردآلو و آلو ۲ و برگه ۱/۵ گرم بر کیلوگرم است. با استفاده از این مقدار، باقی‌مانده گوگرد در محصول کمتر از حد مجاز خواهد بود (Anon, 2003).

سی‌کای و همکاران (Sy Kaye *et al*., 2005) تاثیر گاز دی اکسید کلر را در کشتن سالمونلا، مخمرها، و کپک‌ها در تمشک و توت فرنگی خشک شده بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تیمار با ۸ میلی‌گرم در لیتر دی اکسید کلر به طور معنی‌داری ($\rho=0.05$) تعداد سالمونلا را کاهش می‌دهد و تیمار با ۸-۴/۱ میلی‌گرم در لیتر دی اکسید کلر موجب کاهش جمعیت مخمرها و کپک‌ها می‌شود. تیمار با ۴/۱ میلی‌گرم در لیتر تاثیری مشخص بر خصوصیات حسی میوه ندارد. نتایج، نشانگر این بود که می‌توان از این گاز به عنوان ماده‌ای ضدعفونی کننده در میوه‌های کوچک استفاده کرد.

ال هالوات و دیبور (El- Halouat & Debevere, 1996) تاثیر اتمسفر تغییر یافته و مواد نگهدارنده بر رشد زیگو *ساکارومایسس روزیای*[4] جدا شده از خشکبار را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که CO_2 اتمسفری در pH های بالا و غلظت‌های کم مواد نگهدارنده بر رشد مخمرها تاثیر دارد. در pH برابر ٤ و اتمسفر تغییریافته (N_2، ۲۰ درصد --- CO_2، ۸۰ درصد)، هیچ رشدی در a_w حدود ۰/۸-۰/۹ و غلظت مادهٔ نگهدارنده ۲۲۰ (قسمت در میلیون قسمت) سوربات پتاسیم، یا ۲۲۰ (قسمت در میلیون قسمت) بنزوآت سدیم مشاهده نشد.

کریستینا و همکاران (Cristina *et al*., 2000) انواع میکرب‌ها را در دورهٔ رسیدگی و فرایند خشک کردن گیلاس بررسی کردند. در کلیهٔ مراحل باکتری‌ها گروهی غالب بودند و پس از آنها قارچ‌ها به طور چشمگیری در بخش‌های مختلف رسیدگی در مزرعه و طی فرایند خشک کردن متفاوت بودند اما هیچ الگوی ثابتی بین آنها دیده نشد. متوسط تعداد برای قارچ‌ها، مخمرها، و باکتری‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

ویتهون و همکاران (Witthohn *et al*., 2005) خشکبار با رطوبت بالا را به منظور بررسی میزان میکرب‌ها آزمودند. آنها مقدار میکرب‌ها را با استفاده از ۹ محیط کشت مختلف رشد دادند، میزان SO_2 , a_w، و pH هر محصول با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین و مشخص شد که بیشترین تعداد کل میکرب‌های هوازی در کشمش و آلوهای با رطوبت بالاست و اکثر آلوده‌کننده‌ها از جنس *باسیلوس* هستند. تعداد قارچ در محصول زردآلو خیلی زیاد بود به‌طوری‌که در هر گرم بیش از ۱۰۰۰ واحد کلنی تشکیل شده بود. انواع جنس *استافیلوکوکوس* در کشمش‌های با رطوبت بالا مشاهده شد و *سالمونلا* و اورگانیسم‌های تحمل‌کنندهٔ دمای بالا از آلوهای با رطوبت بالا جدا شد. حضور اورگانیسم‌های تحمل‌کننده دمای بالا نشان می‌دهد که فرایند پاستوریزاسیون کافی نیست و استفاده از نگهدارنده‌های دیگری به عنوان یک روش اضافه جهت اطمینان از ایمنی و کیفیت خشکبار ضروری است.

هوور (Hoover, 1997)، دربارهٔ فرایندهای فیزیکی غیر حرارتی میوه‌ها و سبزی‌ها به منظور کاهش بار میکربی آنها

1- *A.niger* 2- *Penicillium* 3- *Rhizopus* 4- *Zygosaccharomyces rouxii*

تحقیقاتی انجام داده و روش‌هایی را نیز پیشنهاد کرده است که از آن جمله روش الکتریکی با شدت زیاد، نور با شدت زیاد، مافوق صوت (اولتراسونیک)، فشار هیدرواستاتیک زیاد است.

وحید و ستار (Wahid & Sattar, 1987) کشمش، انجیر، خرما و هویج‌های خشک تحت اشعه گاما ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ کیلوگری[1] قرار دادند و ۱۲ ماه در شرایط اتاق (۴۰- ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد) و دمای کمتر از ۲±۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری و تغییرات اسید اسکوربیک و کیفیت خوراکی حاصل را بررسی کردند. در این بررسی مشخص شد که به هنگام انبارداری مقادیر اسید اسکوربیک کاهش یافته است. با ارزیابی کیفیت خوراکی نمونه‌های اشعه داده شده نتیجه گرفتند که اشعه دادن میوه‌های خشک همراه با انبار کردن در دماهای پایین روشی مؤثر و قابل قبول است و خاصیت تغذیه‌ای نیز در آن تا حد زیادی حفظ می‌شود.

آکرستراند و مولر (Akerstrand & Moller, 1989) *آفلاتوکسین*ها، فعالیت آبی (a_w)، و مقدار کپک و مخمر ۲۸ نمونه انجیر خشک را آنالیز و فلورسانس ماورای بنفش (uv)، افت سطح، و عیوب داخلی آنها را ارزیابی کردند. در این نمونه‌ها *آفلاتوکسین*ها به مقدار ۲۱۳۴۰ (میکروگرم بر کیلوگرم) مشاهده شد.

منافی و وبر (Manafi & Weber, 1990) آزمایش‌هایی روی کمیت میکروبیولوژی خشکبار در مناطق وین انجام دادند که شامل تعداد کلی‌میکرب، انتروباکتریاسه، انتروکوکسی، استافیلوکوکسی کوآگولاز (+)، *باسیلوس سرئوس*، و کپک، و مخمر بود. تعداد کلی‌میکرب‌ها در چهار تکرار ۶-۱۰-۴-۱۰ عدد در هر گرم، انتروباکتریاسه ۴-۱۰-۳-۱۰ عدد در هر گرم، مقدار انتروکوکسی خیلی کم، و تنها دو نمونه در چهار تکرار دارای *استافیلوکوکوس اورئوس* و کلیه نمونه‌ها دارای *باسیلوس سرئوس* به تعداد حداکثر ۲ تا ۱۰ عدد و تعداد کپک و مخمر ۴-۱۰-۲-۱۰ در هر گرم بودند.

بویاسیوگلو و جونوئل (Boyacioglu & Goenuel, 1986) انجیر خشک تولید شده در ترکیه را از نظر میزان آلودگی به *آفلاتوکسین* آزمودند آنها تعداد ۲۸۴ نمونه، از مراحل مختلف فرایند و انبار کردن، برداشتند. *آفلاتوکسین* B2 در ۴ درصد نمونه‌ها، *آفلاتوکسین* B1 در ۲ درصد، و *آفلاتوکسین* نوع G1 نیز در ۲ درصد نمونه‌ها مشاهده شد. مقدار متوسط *آفلاتوکسین‌ها* در نمونه‌های مثبت G1=۶۱/۴، B1=۱۱۲/۳ و B2 =۵۰/۶ نانوگرم بر گرم بود. نتایج نشان داد که آلودگی *آفلاتوکسین* در انجیر خشک ارتباط زیادی با کیفیت انجیر اولیه دارد.

شارمن و مک دانلد (Sharman & MacDonald, 1994) روی کنترل و ارزیابی آلودگی *آفلاتوکسینی* انجیر خشک که به کشور انگلستان وارد می‌شود مطالعاتی انجام دادند و نتیجه گرفتند که غلظت *آفلاتوکسینی* ۲۴ درصد از نمونه‌های بررسی شده بیش از ۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم است که در بیشترین سطح، این مقدار ۱۶۵ میکروگرم بر کیلوگرم بود.

حرارت‌دهی با مایکروویو جهت پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون مواد غذایی، به سال ۱۹۷۴ می‌رسد. این بررسی‌ها نتایج سودمندی را از حرارت‌دهی حجمی مواد غذایی به صورت واکنش مستقیم بین مایکروویو و غذا در کاهش زمان فرایند نشان می‌دهد. در آن زمان اعتقاد بر این بود که از بین رفتن میکرواورگانیسم‌ها در حرارت مایکروویو به دلیل اثر حرارتی مایکروویو باشد. استریلیزاسیون مواد غذایی در داخل بسته را گوان و همکاران (Guan *et al*., 2003) انجام دادند. این محققان توانستند ماکارونی و محصولات پنیر را با استفاده از مایکروویو استریل کنند و نتیجه بگیرند که فنّاوری حرارت دادن با مایکروویو قابلیت استریل‌کردن بسته‌های غذا را دارد.

مواد و روش‌ها

جهت تعیین مقدار و نوع آلودگی، در نمونه‌های خشکبار درجه یک شامل کشمش سبز قلمی حاصل از انگور پیکانی، برگهٔ زردآلو، و آلو بخارای خشک شده در خشک‌کن کابینی در کارگاه‌های خشکبار استان خراسان در محیط آزمایشگاهی کشت میکربی انجام گرفت. وضعیت

1- Kilogram Gray واحد اشعه

آلودگی میکربی نمونه‌ها شامل تعداد کلی‌میکربی (در محیط کشت پلیت کانت آگار PCA)، کپک و مخمر (در محیط کشت عصاره مخمر – دکستروز – کلرامفنیکل آگار)، و کلی‌فرم‌ها (در محیط کشت آبگوشت لوریل سولفات تریپتوز) تعیین شد. سپس نمونه‌های آلوده تحت دو روش شیمیایی (دود دادن با گوگرد) و فیزیکی (مایکروویو) قرار گرفتند و مجدداً آزمون شمارش کلی‌میکربی، کلی‌فرم، و کپک و مخمر انجام شد. بررسی نتایج، میزان تأثیر این دو روش را بر کاهش آلودگی محصولات فوق نشان داد.

در روش فیزیکی، جهت تعیین زمان اثر مایکروویو بر کاهش بار میکربی، ابتدا یک آزمون مقدماتی انجام شد که طی آن سه محصول خشکبار در سه تکرار و سه زمان (۱، ۳ و ۵ دقیقه) تحت امواج مایکروویو قرار گرفتند. پس از به دست آوردن زمان مناسب مایکروویو کردن، در بقیه مراحل بررسی، با استفاده از زمان فوق آزمون‌های تعیین بار میکربی ادامه یافت.

در روش شیمیایی، دود دادن به روش گرم انجام شد. ابتدا با استفاده از فرمول زیر مقدار لازم گاز گوگرد به دست آمد (Jalili, 1995):

$$A = (\frac{B \times C}{D}) + (E \times F) \qquad (۱)$$

که در آن، A= مقدار گاز SO_2 مورد نیاز (بر حسب گرم)؛ B= غلظت گاز SO_2 (بر حسب درصد)؛ C= حجم خالی انبار (بر حسب سانتی‌متر مکعب)؛ D= حجم یک گرم گاز SO_2 (مساوی ۳۴۳ سانتی‌متر مکعب)؛ E= مقدار گاز SO_2 مورد نیاز برای یک کیلوگرم انگور یا میوهٔ تازه؛ و F= وزن میوه (بر حسب کیلوگرم) است.

برای شمارش، بررسی، و اندازه‌گیری‌ها روش‌های زیر اتخاذ و بر اساس آنها عمل شد:

برای شمارش کلی‌میکربی به روش استاندارد شمارهٔ ۳۵۶ استاندارد ملی ایران با عنوان «آماده کردن نمونه‌های مواد غذایی و شمارش میکروارگانیسم‌های مختلف» (Anon, 1996)،

برای بررسی آلودگی کلی‌فرمی به روش استاندارد شمارهٔ ٤۳۷ استاندارد ملی ایران با عنوان «روش جستجو و شمارش کلی‌فرم‌ها در مواد غذایی» (Anon, 1996)،

برای بررسی آلودگی کپک و مخمر به روش استاندارد شمارهٔ ۹۹۷ استاندارد ملی ایران با عنوان «روش جستجو و شمارش قارچ‌ها (کپک‌ها ومخمرها) به شمارش پرگنه در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد» (Anon, 1995)،

برای اندازه‌گیری میزان انیدرید سولفورو باقیمانده در خشکبار به روش استاندارد شمارهٔ ٥٦۹ استاندارد ملی ایران با عنوان «روش اندازه‌گیری انیدرید سولفورو در میوه‌های خشک شده» (Anon, 1999)،

و برای تعیین میزان باقیمانده اسید اسکوربیک از روش عیارسنجی (Anon, 2001).

نتایج و بحث

نتایج آزمون مقدماتی جهت تعیین زمان مناسب مایکروویو کردن در جدول شمارهٔ ۱ نشان داده شده است. این آزمون در مورد هر سه محصول خشکبار آلو، کشمش، و برگه انجام شد و نتایج مشابه به دست آمد و لذا تنها نتایج حاصل از زمان‌های مختلف مایکروویو کردن در مورد کشمش در جدول شمارهٔ ۱ نشان داده شده است.

با اجرای آزمون رتبه مشخص شد که مدت زمان ۳ دقیقه بهترین زمان است. لذا برای مراحل بعدی اجرای آزمایش‌ها، زمان سه دقیقه در نظر گرفته شد. در آزمون رتبه ابتدا اعداد به ترتیب صعودی یا نزولی مرتب می‌شوند و به هر یک، به ترتیب از ۱، یک عدد متناظر می‌شود. آزمون رتبه ترتیب قرار گرفتن هر عدد را نسبت به سایر اعداد مشخص می‌کند.

به منظور بررسی اثر روش کاهش آلودگی بر میزان میکرب‌ها و برخی خصوصیات کیفی محصولات خشکبار مورد بررسی در قالب طرح فاکتوریل آزمایش کاملاً تصادفی، نتایج به شرح جدول شمارهٔ ۲ به دست آمد.

جدول شمارهٔ ۱- نتایج زمان‌های مختلف مایکروویو کردن بر بار میکربی کشمش مورد آزمون

زمان مایکروویو (دقیقه)	تعداد کلی‌میکربی در هر گرم نمونه × $۱۰^۲$	تعداد کپک و مخمر در هر گرم نمونه × ۱۰	تعداد کلی فرم در هر گرم نمونه ×۱۰
۱	۲٤/٤۱ a	۱۱ a	۱۱ a
۳	۱/۱۰ b	٥/٥ b	٦ b
٥	۰/٥۷ b	٥ b	۲ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول شمارهٔ ۲- میانگین مربعات روش‌های کاهش آلودگی در محصولات آلو، کشمش، و برگه

محصول	عوامل	درجهٔ آزادی	تعدا کلی	کلی‌فرم	کپک و مخمر	اسید اسکوربیک	رطوبت
آلو	روش کاهش آلودگی	۲	۳٤۸۸/٤۳ *	۸۱/٤۳۱*	۲۸٥/۳٤۷*	۸٤*	۰/۷٤۳ ns
	خطا	۹	۱/۸۸۳	۰/۸۱٥	۷/۹۲۷	۲/۰٥٦	۰/۸٥۷
کشمش	روش کاهش آلودگی	۲	۱٦۳٦/٥۷۳*	۱۲۸/۲۱۳*	۲۸/٤۳٤*	٦۹/۳۳۳*	۰/۰۸۹۷۳ ns
	خطا	۹	۱/٥۸۷	۱/۰٥۱	۰/۲۰٥	۸/٤٤٤	۰/۳۲۸
برگه	روش کاهش آلودگی	۲	۲۲٤۱/۳۷۳*	۱۲۲/۲٤۳*	۱۰/۳۳*	٤۱/۳۳۳*	۰/۱٥۸ ns
	خطا	۹	۱/۱٤۷	۰/٥۳٤	۰/۳٦۳	۱/٥٥٦	۰/٥۹۸

*** اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار**

بررسی داده‌های جدول شمارهٔ ۲ نشان می‌دهد که فرایندهای کاهش آلودگی در مورد محصولات آلو، کشمش و برگه اثری معنی‌دار داشته است به طوری که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده وجود دارد. اما اثر تیمار کاهش آلودگی بر درصد رطوبت نمونه‌ها معنی‌دار نبوده است.

جهت مقایسه اثر دو روش فیزیکی و شیمیایی بر میزان کاهش آلودگی، اسید اسکوربیک و رطوبت موجود در نمونه‌ها، مقایسهٔ میانگین به روش دانکن انجام شد. نتایج در جدول شمارهٔ ۳ آمده است.

جدول شمارهٔ ۳- نتایج مقایسهٔ میانگین فرایندهای کاهش آلودگی بر محصول آلو

روش	تعداد کلی‌میکربی در هر گرم نمونه	تعداد کلی‌فرم در هر گرم نمونه	تعداد کپک و مخمر در هر گرم نمونه	اسید اسکوربیک، میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم	درصد رطوبت
بدون تیمار (شاهد)	٥٦/٦٥×$۱۰^۳$ a	۱٥/۰۱×$۱۰^۳$ a	۲٥/۳×$۱۰^۳$ a	۲۹ a	۱٦/۸۷ a
مایکروویو	٥/٦×۱۰ b	۸/٦×۱۰ b	۱۲/۳×۱۰ b	۲٦ a	۱٦/٥٦ a
دوددهی	٥/٦×۱۰ b	٦/۳×۱۰ b	۹/٥×۱۰ b	۲۰ b	۱٦/۸۸ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

همان طور که از داده‌های جدول شمارهٔ ۳ نمایان است، در آزمون‌های شمارش کلی‌میکربی، کلی‌فرم، و کپک و مخمر نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری با دو روش کاهش آلودگی به کار رفته در این طرح داشته است اما دو روش فیزیکی و شیمیایی به کار رفته در این طرح اثر یکسانی در کاهش بار میکربی داشته‌اند. تفاوت معنی‌دار در میزان اسید اسکوربیک نیز قابل مشاهده است به این نحو که میزان اسید اسکوربیک در نمونهٔ مایکروویو شده با نمونهٔ شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته است؛ اما نمونه‌های مایکروویو شده با ۲۶ میلی‌گرم اسید اسکوربیک در ۱۰۰ گرم، در مقایسه با نمونه‌های دوددهی شده با ۲۰ میلی‌گرم اسید اسکوربیک در ۱۰۰ گرم به طور معنی‌داری دارای اسید اسکوربیک بیشتری هستند. در این محصول، فرایند کاهش آلودگی اثر معنی‌دار بر میزان رطوبت نمونه‌ها نداشته است.

جهت مقایسه اثر دو روش فیزیکی و شیمیایی بر میزان کاهش آلودگی، اسید اسکوربیک، و رطوبت موجود در محصول کشمش، مقایسهٔ میانگین به روش دانکن انجام شد. جدول شمارهٔ ٤ نتایج مقایسه میانگین فرایندهای کاهش آلودگی بر محصول کشمش را نشان می‌دهد.

جدول شمارهٔ ٤- نتایج مقایسهٔ میانگین فرایندهای کاهش آلودگی بر محصول کشمش

روش	تعداد کلی در هر گرم نمونه	تعداد کلی‌فرم در هر گرم نمونه	تعداد کپک و مخمردر هر گرم نمونه	اسید اسکوربیک، میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم	درصد رطوبت
بدون تیمار(شاهد)	٤٥/٤ ×10^3 a	۱۳/۱×10^3 a	٦/۰۳×10^3 a	۳٦ a	۱۵/۵٤ a
مایکروویو	۱۱/۳ ×۱۰ b	۳/۵×۱۰ b	۱/۳×۱۰ b	۲۸ b	۱۵/٤٦ a
دوددهی	۹/۵×۱۰ b	۳/۱×۱۰ b	۱/٦×۱۰ b	۳۰ b	۱۵/۲۵ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

همان‌طور که از داده‌های جدول شمارهٔ ٤ نمایان است، در آزمون‌های شمارش کلی‌میکربی، کلی‌فرم، کپک و مخمر، و اسید اسکوربیک نمونهٔ شاهد تفاوت معنی‌داری با دو روش کاهش آلودگی به کار رفته در این طرح داشته است و دو روش فیزیکی و شیمیایی به کار رفته در این طرح به طور یکسانی موجب کاهش معنی‌داری در بار میکربی شده‌اند. همچنین، میزان اسید اسکوربیک در نمونه‌های مایکروویو شده با ۲۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و دوددهی شده با ۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند. در این محصول، فرایند کاهش آلودگی اثر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌ها نداشته است.

جهت مقایسهٔ اثر دو روش فیزیکی و شیمیایی بر میزان کاهش آلودگی، اسید اسکوربیک، و رطوبت موجود در محصول برگه، مقایسه میانگین به روش دانکن انجام شد. جدول شمارهٔ ۵ نتایج مقایسه میانگین فرایندهای کاهش آلودگی بر محصول برگه را نشان می‌دهد.

جدول شمارهٔ ۵- نتایج مقایسه میانگین فرایندهای کاهش آلودگی بر محصول برگه

روش	تعداد کلی در هر گرم نمونه	تعداد کلی‌فرم در هر گرم نمونه	تعداد کپک و مخمردر هر گرم نمونه	اسید اسکوربیک، میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم	درصد رطوبت
بدون تیمار(شاهد)	۵۰/٤×۱۰^{۳} a	۱۲/۱×۱۰^{۳} a	٤/۳×۱۰^{۳} a	۳٤ a	۲۱/٥٤ a
مایکروویو	۹/۳×۱۰ b	۲/٥×۱۰ b	۱/٤×۱۰ b	۲۹ b	۲۱/۱٦ a
دوددهی	۹/٥×۱۰ b	۲/٦×۱۰ b	۱/٦×۱۰ b	۲۸ b	۲۱/٤٥ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

همان طور که از داده‌های جدول شمارهٔ ۵ بر می‌آید، فرایندهای کاهش آلودگی بر کاهش تعداد کلی-میکربی، تعداد کلی‌فرم، کپک و مخمر، و اسید اسکوربیک محصول برگه اثری معنی‌دار داشته است به طوری که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده وجود دارد اما تیمارهای مایکروویو و دوددهی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند. برای مثال، اسید اسکوربیک در نمونه‌های مایکروویو شده ۲۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و دوددهی شده ۲۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند.

آزمون حسی خصوصیات فیزیکی خشکبار از جمله شکرک‌زدگی، بافت، و طعم نیز نشان داد که از نمونه‌های تیمار شده هیچ یک با نمونه‌های شاهد تفاوتی ندارد.

میزان باقیماندهٔ دی اکسید گوگرد در نمونه‌های تیمار شده با گوگرد به روش یدومتری در سه تکرار اندازه‌گیری شد و نتایج در جدول شمارهٔ ٦ آورده شده است.

جدول شمارهٔ ٦- میزان باقیمانده گوگرد در نمونه های تیمار شده با گوگرد

نوع محصول	باقیمانده گوگرد (قسمت در میلیون قسمت)	حد مجاز استاندارد باقیمانده گوگرد (قسمت در میلیون قسمت)
کشمش	۱۲۰۰	۷۰۰
برگه	۱۰۰۰	۱۵۰۰
آلو	۱۱۰۰	۲۰۰۰

همان‌طور که از داده‌های جدول فوق نمایان است میزان باقیماندهٔ گوگرد در دو محصول آلو و برگه از حدود استاندارد پایین‌تر و باقیماندهٔ گوگرد در محصول کشمش از حدود استاندارد بالاتر است (حدود مجاز انیدرید سولفوریک در آلو حداکثر ۲۰۰۰، در برگه ۱۵۰۰، و در کشمش ۷۰۰ قسمت در میلیون قسمت است) (Anon, 2002; Anon, 1994; Anon, 1999). لازم است یادآوری شود که سایر خصوصیات فیزیکی خشکبار در اثر فرایندهای کاهش آلودگی تغییر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری

روش‌های نوین نگهداری مواد غذایی همواره مورد توجه تولیدکنندگان مواد غذایی بوده و هست. برای مثال، محققی روش‌های فیزیکی غیر حرارتی مانند روش الکتریکی

با شدت زیاد، نور با شدت زیاد، مافوق صوت (اولتراسونیک)، و فشار هیدرواستاتیک زیاد را جهت کاهش بار میکربی میوه‌ها و سبزی‌ها آزمود و نتایج مطلوبی را نیز به دست آورد. استفاده از روش‌هایی چون اشعه دادن نیز موجب پاکسازی محصولات آلوده می‌شود (El- Halouat & Debevere, 1996; Horner & Anagnostopolous, 1973).

مرور نتایج جدول‌های شمارهٔ ۲، ۳، ٤، و۵ نشان می‌دهد که محصولات خشکبار تولیدی در ایران از نظر آلودگی میکربی، خصوصاً کلی‌فرم‌ها، در اغلب موارد شرایط صادر شدن را ندارد (Anon, 2002) و دلیل آن اغلب روش‌های تولید سنتی خشکبار در ایران است. از این رو یا باید روش‌های تولید محصولات خشکبار بازنگری شود یا اینکه روش‌هایی جهت کاهش آلودگی محصولات خشکبار تعریف گردد. جدول‌های شمارهٔ ۳، ٤، و ۵ نشان می‌دهد که فرایندهای آلودگی‌زدایی امکان دستیابی به محصولی پاک و ایمن را فراهم می‌آورد و موجب پاکسازی محصولات تا حدود استاندارد کشورهای وارد کننده خشکبار می‌شود.

در روش آلودگی‌زدایی با مایکروویو، زمان مایکروویو کردن از مهمترین عوامل تعیین‌کننده اقتصادی بودن و حفظ کیفیت محصول است به طوری که یافتن نقطهٔ بهینهٔ حداقل زمان و حداکثر کیفیت می‌تواند بر انتخاب روش مایکروویو مؤثر باشد. پس از مایکروویو کردن در زمان‌های مختلف و تجزیه و تحلیل داده‌ها مشخص شد که بین زمان ۳ دقیقه و ۵ دقیقه اختلاف معنی‌داری نیست و از این رو زمان ۳ دقیقه جهت فرایند کاهش آلودگی معرفی شد.

بر اساس نتایج آزمون‌ها (جدول شمارهٔ ۳)، فرایند مایکروویو در محصول آلو تاثیری بر میزان ویتامین ث خشکبار ندارد زیرا میزان اسید اسکوربیک در نمونه‌های شاهد و مایکروویو شده اختلاف معنی‌داری ندارند. موضوع بی‌تاثیر بودن مایکروویو بر کیفیت تغذیه‌ای را نیجهوس و همکاران گزارش داده‌اند و در سایر منابع نیز اعلام شده است (Nijhuis *et al*., 1998; Anon, 2005). از سویی، تاثیر مایکروویو بر کاهش بار میکربی کلیهٔ نمونه‌ها کاملاً مشهود است به طوری که کاهش معنی‌داری در میزان بار میکربی نمونه‌های تیمار شده با انواع مایکروویو دیده می‌شود (جدول شمارهٔ ۳). تاثیر مایکروویو بر کاهش بار میکربی را گوان و همکاران، لو و همکاران و تانگ نیز تایید کرده‌اند (Guan *et al*., 2003; Lau *et al*., 2002; Tang, Juming, 2005).

همان طور که در جدول‌های شمارهٔ ٤ و ۵ نمایان است اثر مایکروویو و دوددهی با گوگرد بر کاهش بار میکربی در محصول کشمش و برگه یکسان است و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. اما اثر آنها در مقایسه با نمونه شاهد کاملاً معنی‌دار است و این موضوع نشانگر میزان تاثیر این روش‌هاست که قبلاً نیز گوان و همکاران، لو و همکاران و تانگ تایید کرده بود (Guan *et al*., 2003; Lau *et al*., 2002; Tang, Juming, 2005). اما مقدار اسید اسکوربیک نمونه‌ها بر خلاف نظر نیجهوس و همکاران و سایر منابع (Nijhuis *et al*., 1998; Anon, 2005) کاهش یافته است. از آنجا که این اثر در نمونه آلو مشاهده نشد به نظر می‌رسد بافت خاص و ظریف کشمش و برگه موجب افت مقدار اسید اسکوربیک بوده است.

بررسی میزان باقیماندهٔ گوگرد در محصولات خشکبار مورد بررسی نشان داد (جدول شمارهٔ ٦) که فرایند گوگردزنی مجدد بر دو محصول برگه و آلو موجب افزایش میزان باقیمانده گوگرد تا حدود خارج از استاندارد نمی‌شود. اما در محصول کشمش، فرایند مجدد موجب افزایش میزان گوگرد تا خارج از حدود استاندارد می‌گردد. لذا به نظر می‌رسد این فرایند باید در مورد کشمش با دوز کمتر اجرا یا از سایر روش‌ها مانند مایکروویو استفاده شود.

جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد که توسعهٔ روش‌هایی چون مایکروویو جهت آلودگی‌زدایی از محصولات خشکبار آلوده الزامی است و باید در ایران کاربرد گسترده‌ای یابد تا محصول خشکبار ایران با کیفیت ممتاز خود بتواند بازارهای جهانی را حفظ کند.

مراجع

1- Akerstrand, K. and Moller, T. 1989. Examination of dried figs. Var-Foeda. 41(7, 8): 308-317.

2- Anon. 1994. Specification and methods of test for dried plum. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 65. (in Farsi)

3- Anon. 1995. Detection and enumeration of moulds and yeasts colony count technique at 25°C. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 997. (in Farsi)

4- Anon. 1999. Methods of measuring anidrid sulfurous in dried fruits. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 569. (in Farsi)

5- Anon. 1996. Detection and enumeration of Coliforms in foods. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 437. (in Farsi)

6- Anon. 1996. Standard methods for preparation of food samples and enumerate of microorganisms in food. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 356. (in Farsi)

7- Anon. 1999. Specification and methods of test for dried apricot. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 11. (in Farsi)

8- Anon. 2001. Fruits, vegetables and their products, general method of measuring Ascorbic acid. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 5609. (in Farsi)

9- Anon. 2002. Dried fruits. In: http://www.euro.who.int/ food safety/ microbiological.

10-Anon. 2002. Specification and methods of test for raisins. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 17. (in Farsi)

11-Anon. 2002. Dried vegetables microbiological specification and test methods. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 5939. (in Farsi)

12-Anon. 2003. Dried fruit and vegetables/sulphurous acid and declaration. In: http://www. Kantonslabor- bs. ch.

13-Anon. 2005. Microwave sterilization kills bacteria while retaining high quality. In: http://www. natick.army.mil.

14-Boyacioglu, D. and Goenuel, M. 1986. Survy of aflatoxin contamination of dried figs grown in Turkey in 1986. Food Additives and Contaminants. 7(2): 235-237.

15-Cristina, F. G., Rosane, F. S., Eustaquio, S. D. and Alen, E. W. 2000. Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. International J. Food Microbiology. 60(2,3): 251-250.

16-El-Halouat, A. and Debever, J. M. 1997. Effect of water activity, modified atmosphere packaging and storage temperature on spore germination of moulds isolated from prunes. International J. Food Microbiology. 35, 41-48.

17-El-Halouat, A. and Debevere, J. M. 1996. Influence of modified atmosphere and preservatives on the growth of *Zygosaccharomyces rouxii* isolated from dried fruits. International J. Food Microbiology. 33(2,3): 219-229.

18-Guan, D., Gray, P., Kang, D. H., Tang, J., Shafer, B., Ito, K., Younce, F. and Yang, T. C. S. 2003. Microbiological validation of microwave-circulated water combination heating technology by inoculated pack studies. J. Food Sci. 68(4): 1428-1432.

19-Hoover, D. G. 1997. Minimally processed fruits and vegetables: Reducing microbial load by nonthermal physical treatments. Food Tech. 51(6): 66-69.

20-Horner, K. J. and Anagnostopolous, D. 1973. Combined effects of water activity, pH and temperature on the growth and spoilage potential of fungi. J. Appl. Bactrial. 36, 427-436.

21- Jalili, R. 1995. Investigation on different conditions for storing grape in cold rooms. Zeiton. 125, 32-33. (in Farsi)

22- Lau, M. H., Tang, J., Taub, I. A., Yang, T. C. S., Edwards, C. G. and Mao, R. 2002. Kinetics of chemical marker formation in whey protein gels for studying microwave sterilization. J. Food Eng. 60, 397-405.

23- Manafi, M. and Weber, G. 1990. Microbiological quality of health foods and organic foods in the Vienna Area. Ernaehrung. 14(3): 130-134.

24- Nijhuis, H. H., Torringa, H. M., Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C. and Kloek, W. 1998. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. Trends in Food Sci. and Tech. 9, 13-20.

25- Sharman, M. and MacDonald, S. 1994. Sampling bulk consignments of dried figs for aflatoxin analysis. Food Additives and Contaminants. 11(1): 17-23.

26- Sy Kaye, V., McWatters, K. H. and Beuchat, L. R. 2005. Efficacy of gaseous dioxide as a sanitizer for killing *Salmonella*, Yeast and Molds on bluberries, strawberries, and raspberries. J. Food Protection. 68(6): 1165-1175.

27- Tang, Juming. 2005. Improving food and food processing systems. In: http://www. wsu.edu.

28- Titke, H. W. 1969. Sorption behavior of hygroscopic foods and their packaging requirements. Verpackung. 10(1): 10-32.

29- Wahid, M. and Satter, A. 1987. Radiation disinfestation and quality of dried fruits. Acta Alimentaria. 16(2): 159-166.

30- Witthun, R. C., Engelbrecht, S., Joubert, E., and Britz, T. J. 2005. Microbial content of commercial South African high- moisture dried fruits. J. Applied Microbiology. 98(3): 722-726.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.7 /No. 28 / Autumn 2006*

The Comparison of Microwave and SO_2 Fumigation Methods in Decontamination of Dried Fruits (Raisin, Plum and Apricot)

S. Eyn-Afshar

Dried fruits in Iran are mostly contaminated with mold, yeast and coliform which sometimes pass over the standard level. In order to enhance the export of dried fruits, the products should be free of any contamination. In this study, microwave and SO_2 fumigation methods in decontamination of dried fruit were applied. Total count, coliform, mold and yeast counts and ascorbic acid content of dried fruit samples (plum, raisin and apricot) were measured before and after the treatments. Ascorbic acid content of plum samples was found to be significantly higher than fumigation method. There were no significant differences in ascorbic acid content in the case of raisin and dried apricot samples. SO_2 residue was found to be 1200 p.p.m in raisins, which was more than standard level. Results indicated that, microwave treatment could be recommended for decontamination of dried fruit products.

Key words: Coliform, Decontamination, Dried Fruit, Fumigation, Microwave, Molds and Yeast