(مقاله پژوهشی)

بهینه‌سازی فرایند ازن زنی خرمای ربی جهت افزایش ماندگاری محصول

امیر نیک آسا[۱]، آیناز علیزاده[۲*]، کامیار حیدرنژاد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم دامی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۴/۲۳

چکیده

یکی از مشکلات نگهداری خرما، صدمات ناشی از آفات انباری، کپک و مخمر است. اثرات سمی جانبی ناشی از ضدعفونی‌کننده‌های معمول، باعث شده است که پژوهشگران صنایع غذایی، روش‌های دیگری مانند ازن را برای ضدعفونی در نظر گیرند. در این مطالعه، نمونه‌های خرما با استفاده از روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی با ۱۳ تیمار و سه تکرار طی مدت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه و غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم برساعت ازن گازی بهینه‌سازی شد. وجود آفات، رشد میکروبی (کپک و مخمر)، pH، رطوبت، محتوای قندکل و ویژگی‌های حسی نمونه‌های خرما مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که غلظت ازن تأثیر معنی‌داری بر pH، رطوبت و قند کل نمونه‌های خرما نداشت ولی کاهش معنی‌دار رشد میکروبی (کپک و مخمر) و پذیرش کلی در غلظت های بیشتر مشاهده شد. هم چنین مدت زمان اعمال ازن بر رطوبت، pH و ارزیابی حسی تأثیر معنی‌داری نداشت در حالی که کاهش رشد میکروبی (کپک و مخمر) و قند کل در زمان های طولانی تر مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). آفات انباری نیز در هیچ یک از نمونه‌ها پس از یک ماه نگهداری مشاهده نشد، لذا در متغیرهای بهینه‌سازی وارد نشد. نتایج بهینه‌سازی متغیرهای مورد بررسی نشان داد که استفاده از ازن با غلظت ۳۰ گرم در ساعت به مدت ۴۵ دقیقه با pH برابر۶/۲۰، رطوبت ۱۰/۸۶درصد، بار کپکی ۳۶۶/۹۵ کلنی در هر گرم، بار مخمر ۳۴۳/۴۱ کلنی در هر گرم، قند کل ۷۲/۴۹ میلی‌گرم در۱۰۰ گرم خرما و نمره‌ی ارزیابی حسی ۳/۱۳ با حد مطلوبیت ۰/۹۶۴ به عنوان شرایط بهینه انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: ازن، بار میکروبی، روش سطح پاسخ، خرمای ربی.

*مسؤول مکاتبات: a.alizadeh@iaut.ac.ir

۱-مقدمه

خرمای ربی، از ارقام خرما، رقم معینی از نخل خرما با نام علمی *Phoenix dactylifera* L. و خانواده *Palmaceae* است که به عنوان یک ماده‌ی غذایی با ذخیره‌ی انرژی زیاد در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترکیبات اصلی خرمای ربی نیمه خشک شامل آب (کمتر از ۱۵ درصد) و کربوهیدرات (۷۷ درصد بر پایه خشک) است. ایران با تولید سالیانه یک میلیون تن خرما، یکی از بزرگترین تولید کنندگان در جهان محسوب می‌گردد(۶و۵). از مهم‌ترین مشکلات عمده تولیدکنندگان خرما صدمات ناشی از آفات انباری از جمله حشره بالغ، لارو، تخم شب‌پره هندی، شپشه دندانه‌دار و افزایش میزان میکروارگانیسم‌ها(کپک و مخمر) است(۱). بعد از برداشت خرما، از روش‌های مختلفی برای جلوگیری از آلودگی آن به آفات و میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود(۴). با توجه به اثرات منفی روش‌های متداول نگهداری خرما نظیر سمیت و عدم حضور آن‌ها در لیست GRAS (Generally recognized as safe) اخیراً کاربرد ازن به عنوان یک جایگزین مناسب و ایمن برای ضدعفونی کردن چنین محصولاتی مطرح شده است(۱۹و۱). ازن میکروارگانیسم‌ها را بواسطه واکنش اکسیداسیون غیر فعال می‌سازد(۱۳). به عبارت دیگر ازن اجزاء حیاتی سلول را توسط اکسایش پیشرونده و تصاعدی نابود می‌کند، سطح سلول باکتری‌ها به عنوان هدف مقدماتی حمله ازن معرفی شده است(۱۴). ازن یک عامل ضد میکروبی فعال و واکنش دهنده‌ی قوی در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها است که از سه مولکول اکسیژن به هم اتصال یافته، تشکیل شده است. با کنترل فرایند ازن زنی می‌توان بدون تأثیر منفی بر کیفیت محصول، مدت زمان ماندگاری آن را افزایش داد(۲۶). پژوهش‌های انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که استفاده از ازن در افزایش مدت زمان ماندگاری با کاهش آفات انباری و بار میکروبی مؤثر است. در مطالعه‌ی ارجائی (۱۳۸۶)، تأثیر استفاده از ازن در غلظت‌های ۲۰۰۰ppm و ۴۰۰۰ppm در مدت ۱ساعت روی خرمای کبکاب در دمای ۲۸°C و رطوبت نسبی ۶۵ درصد بررسی شد که نتایج نشان داد ازن‌دهی در غلظت‌های مذکور به ترتیب قادر به نابودی ۸۴ درصد و ۱۰۰ درصد حشرات بودند. درحالی که تأثیر معنی‌داری بر روی میزان قند کل، درصد رطوبت و pH خرما نداشت(۱). حبیبی نجفی و حداد خداپرست (۲۰۰۹)، به بررسی اثر ازن گازی در کاهش بار میکروبی خرمای ایرانی در سه غلظت (۱، ۳ و ۵ ppm) و چهار زمان مختلف (۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه) پرداختند. نتایج نشان داد تیمار با ازن به مدت ۶۰ دقیقه در ۵ ppm کاهش معنی‌داری در میزان اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس و کپک و مخمر ایجاد کرد. فرج زاده و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعات خود بر روی خرمای شاهانی به این نکته اشاره کردند که ازن زنی با غلظت ۵ گرم/ ساعت به مدت ۳ و ۵ ساعت و ازن زنی با ۱۰ گرم/ ساعت به مدت ۳ و ۵ ساعت منجر به کاهش ۲۵ و ۴۶ درصد کپک و مخمر شد. همچنین بیان کردند که ازن زنی یک تیمار مناسب برای کاهش بار میکروبی و افزایش مدت زمان ماندگاری خرما است(۱۳). در این پژوهش، با توجه به اینکه خرمای ربی با ویژگی‌های متفاوتی از انواع مورد مطالعه می‌باشد و هم‌چنین شرایط تیمار ازن و غلظت های آن ها در پژوهشهای مختلف تاثیر بسزایی در ازن زنی این محصول دارد، لذا، هدف از این تحقیق بهینه‌سازی شرایط ازن‌دهی خرمای ربی بصورت گازی مداوم و ارزیابی ویژگی‌های حسی و شیمیایی آن جهت افزایش مدت انبارمانی این محصول است.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق نمونه‌های خرمای ربی با رطوبت اولیه ۱/۱۷± ۹/۲۱ درصد، میزان قند کل ۱/۱۴±۷۲/۵۰ گرم در ۱۰۰ گرم و pH برابر ۰/۰۴± ۶/۱۵ از کارخانه‌ی نخل سبز صبحی، تهیه شد و نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و جداسازی از نظر فیزیکی، تا شروع آزمایشات حداکثر تا ۲۴ ساعت در سردخانه با دمای ۴-۵ °C نگهداری شدند. تیمار مورد استفاده در این تحقیق ازن زنی گازی با استفاده از ازن ژنراتور CD مدل O0060G (کشور چین، کمپانی O_3 Technologies) در دمای ۲۰°C بصورت تزریق گاز ازن در محفظه‌ی شیشه‌ای به ابعاد $44\times33\times28cm^3$ بود.

جهت تولید گاز ازن، اکسیژن تولیدی توسط ژنراتور گاز اکسیژن (ساخت شرکت Newlife آمریکا) با دبی ۱۰ لیتر در دقیقه وارد ژنراتور ازن شده تا در نهایت با تنظیمات دستگاه، خروجی ازن در غلظت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در ساعت باشد. تزریق گاز ازن به صورت سیرکولاسیون با غلظت‌ها و زمان‌های مختلف طبق جدول ۲ انجام شد. سپس نمونه‌ها در داخل بسته‌هایی که لایه‌ی بالایی آن از جنس فیلم پلی‌اتیلن و سینی زیرین آن از پلی‌استارین بود، قرار گرفتند و آزمایشات یک روز بعد از ازن زنی، برای همه نمونه‌ها با سه بار تکرار انجام گرفت. هم چنین تمامی مواد بسته بندی، قبل از قرار دادن نمونه‌ها در داخل ظروف ذکر شده توسط ازن با غلظت ۶۰ گرم بر ساعت به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. سپس آزمایش‌های زیر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

۲-۱- اندازه‌گیری رطوبت در نمونه‌ها

جهت بررسی محتوای رطوبت از روش تقطیر آزومتری مطابق با استاندار ملی ایران به شماره‌ی ۶۷۲ انجام شد(۹).

۲-۲- اندازه‌گیری قند در نمونه‌ها

جهت اندازه گیری قند کل از روش لیون-آنیون استفاده شد(۳).

۲-۳- اندازه‌گیری pH نمونه‌ها

جهت بررسی pH از دستگاه pH متر (Mettrler-toledo، سوئیس) استفاده شد(۳).

۲-٤- آزمون میکروبی

جهت بررسی آلودگی کپک و مخمر از محیط کشت (Yeast extract glucose chloramphenicol agar) (Merck، آلمان)، مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۰۸۸ استفاده شد (۸).

۲-۵- آفات انباری

بررسی حضور آفات انباری بصورت نمونه برداری و مشاهده‌ای بود.

۲-٦- آزمون حسی

جهت ارزیابی حسی نمونه های خرما مطابق جدول ۲، از ۳۵ نفر ارزیاب آموزش دیده ابتدایی، استفاده شد. به این صورت که به نمونه ها از نظر پذیرش کلی (بر اساس بافت، رنگ، بو و طعم) براساس آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای (بسیار خوب=۵، خوب=۴، متوسط=۳، بد=۲، خیلی بد=۱) امتیاز داده شد. در نهایت میانگین نمرات در بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۷- روش تجزیه و تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی ازن زنی خرما از روش سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی با ۲ متغیر در ۳ سطح (۱، ۰ و ۱-) انجام گرفت. متغیرهای مستقل شامل غلظت ازن (گرم در ساعت) (X_1)(۱۰، ۲۰ و ۳۰) و زمان تلقیح ازن (دقیقه) (X_2) (۱۵،۳۰و ۴۵) بود. هم‌چنین متغیرهای وابسته‌ی فرایند شامل محتوای رطوبت (Y_1)، pH (Y_2)، قند کل (Y_3)، پذیرش کلی (Y_4) بار میکروبی شامل کپک (Y_5) و مخمر (Y_6) بود. جهت تجزیه و تحلیل اثرات اصلی و متقابل متغیرهای مستقل و رسم نمودارهای سطح پاسخ از نرم افزار دیزاین اکسپرت (Design Expert) استفاده شد. معادله‌ی چند جمله‌ای درجه دوم استفاده شده در تجزیه و تحلیل بصورت زیر بود. که در این فرمول β_0 عرض از مبدا، β_i ضریب اثر خطی، β_{ij} ضریب اثر متقابل است.

$$Y=\beta_1X_1+\beta_2X_2+\beta_3X_3+\beta_{12}X_1X_2+\beta_{13}X_1X_3+\beta_{23}X_2X_3+\beta_{11}X_1^2+\beta_{22}X_2^2+\beta_{33}X_3^2+\beta_0$$

جدول ۱- کد و سطوح متغیر های اصلی فرآیند ازن زنیخرمای ربی در طرح مرکب مرکزی

نوع متغیر	سطوح		
کد	۱-	۰	۱+
غلظت ازن (گرم در ساعت) (X_1)	۱۰	۲۰	۳۰
مدت زمان تلقیح ازن (دقیقه) (X_2)	۱۵	۳۰	۴۵

جدول ۲- تیمارهای طرح مرکب مرکزی برای بهینه سازی ازن زنی خرمای ربی و نتایج مربوط به آزمونهای مختلف(اعداد به صورت میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشند)

تیمار	غلظت ازن (گرم در ساعت)	زمان تلقیح ازن (دقیقه)	رطوبت (٪)	pH	قند کل (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)	کپک (کلنی در گرم)	مخمر (کلنی در گرم)	ارزیابی حسی
۱	۲۰	۱۵	۱۳/۵±۲/۰٤	٦/۲۷±۰/۷۲	۷۲/۱۷±۲/۸۱	۸۳۳±۵/٦۵	٦۵۰±۱۲/۳٦	۳/۲۷±۰/۲۱
۲	۱۰	٤۵	۱۳/۲۵±۱/۰٦	٦/۲۵±۱/۲۲	۷۱/۱٦±۲/۳٤	۹۳۳±۳/۳٤	۷۵۰±۱۱/۵۰	۳/٤٤±۱/۹۸
۳	۲۰	۳۰	۱۳/۰٦±۱/۵۷	٦/۲۸±۱/۲۸	۷۲/۲٤±۲/۰۹	۸۵۰±٦/۹۲	٦۳۳±۱۲/۱۸	۳/۰۱±۰/۵۰
٤	۲۰	۳۰	۱۲/۰٦±۰/۹٦	٦/۲۸±۱/۰٦	۷۲/۲٤±۲/۳۱	۸۵۰±۵/۵۳	٦۳۳±۱۰/۰۷	۳/۲±۱/٦٦
۵	۳۰	۱۵	۱۲/۲±۱/۲۳	٦/۲۳±۱/٤٤	۷۲/۸±۳/۱۲	٦۳۰±۸/۲۲	۵۳۳±۱۲/۷٦	۳/۲٦±۰/۰۸
٦	۱۰	۱۵	۱۱/۸٦±۰/۹۷	٦/۲۲±۲/۳۰	۷٤±۲/٦۵	۱۰۰۰±۸/۱۸	۹۵۰±۱۰/۳۱	۳/۳۹±۰/٤۵
۷	۳۰	٤۵	۱۱/۰۸±۱/۰۹	٦/۲۲±۱/۸۷	۷۲/۸٤±۱/۷۳	۳۵۰±۱۱/٦۷	۲٦٦±۱۱/٦۱	۳/۰٦±۰/٤۳
۸	۲۰	۳۰	۱۱/۷۹±۱/۱۱	٦/۲۸±۱/۳٤	۷۲±۱/٦۸	۸۰۰±۱۱/۱	۷۰۰±۱۲/٤	۳/۱۳±۰/٤٤
۹	۱۰	۳۰	۱۱/۸۳±۰/٤۵	٦/۲۸±۰/۷۷	۷۲/٤۸±۲/۳۹	۹۰۰±۷/۳۹	۸۵۰±۱٤/۵۰	۳/۳٤±۱/۰۵
۱۰	۲۰	۳۰	۱۲/٤±۱/۰۵	٦/۲۵±۱/۰۹	۷۲/۷۲±۳/٦۵	۸۵۰±۷/٤٤	٦۰۰±۱٤/۹٤	۳/۰۸±۰/٤۲
۱۱	۳۰	۳۰	۱۰/۹۸±۲/٦۵	٦/۲۳±۱/۱٤	۷۲/۲۲±۲/۰۹	۵٦۰±٤/۵۰	۵۰۰±۱۳/٦٦	۳/۰۹±۰/۳۲
۱۲	۲۰	۳۰	۱۲/۰٦±۲/٤٦	٦/۲۸±۰/۷۸	۷۲/۲٤±۳/۲۱	۸۵۵±۱٤/۵	٦۳۰±۱٤/۸۱	۳/۱±۱/۰۹
۱۳	۲۰	٤۵	۱۲/۳۳±۱/۰۹	٦/۲٤±۰/۲۱	۷۱/۳۵±۲/۰٦	۷۰۰±۱۲/٦	٦۰۰±۱٤/۸۱	۳/٤٤±۰/۰۷

۳-نتایج و بحث

۳-۱- تجزیه‌ی مدل برازش یافته

جدول ۲ طرح آزمایش مرکب استفاده شده و نتایج آزمایش ها و جدول ۳ نتایج حاصل از تجزیه‌ی آماری را نشان می‌دهد. بطور متداول معنی‌دار بودن مدل ($P<۰/۰۵$)، عدم معنی‌دار بودن فقدان برازش، ضریب تبیین (بالاتر ۰/۷) و کفایت دقت (بالاتر از ۴) بیانگر اعتبار و صحت مدل برازش شده برای پیش‌گویی متغیرهای وابسته است.

جدول۳- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای بررسی اثر متغیرهای مستقل (غلظت و زمان تلقیح ازن) بر متغیر های وابسته در ازن زنی خرمای ربی

منابع تغییرات	درجه ی آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F	ارزش P
رطوبت					
مدل	۵	۵/۲۳	۱/۰۵	٤/۸۱	۰/۰۳۱۷
X_1X_2	۱	۱/۵۵	۱/۵۵	۷/۱۳	۰/۰۳۲۰
X_1^2	۱	۱/۹۸	۱/۹۸	۹/۱۱	۰/۰۱۹٤
X_2^2	۱	۱/۲۲	۱/۲۲	۵/۵۹	۰/۰٤۹۹
عدم برازش مدل	۳	۰/۵٦	۰/۱۹	۰/۷۸	۰/۵٦۳۵
ضریب تبیین	۰/۷۷٤۵				
pH					
مدل	۵	۵/۵۱۲E-۰۰۳	۱/۱۰۲E-۰۰۳	٤/۲٦	۰/۰٤۲٤
X_1^2	۱	۱/۳۲٤E-۰۰۳	۱/۳۲٤E-۰۰۳	۵/۱۲	۰/۰٤۸
X_2^2	۱	۱/۳۲٤E-۰۰۳	۱/۳۲٤E-۰۰۳	۵/۱۲	۰/.٤۸
عدم برازش مدل	۳	۱/۰۹۱E-۰۰۳	۳/٦۳۸E-۰۰٤	۲/۰۲	۰/۲۵۳٤
ضریب تبیین	۰/۷۵۲٦				
قند کل					
مدل	۳	٤/۲۷	۱/٤۲	۷/٦۳	۰/۰۰۷٦
X_2	۱	۲/۱۸	۲/۱۸	۱۱/۷۲	۰/۰۰۷٦
X_1X_2	۱	۲/۰۷	۲/۰۷	۱۱/۱۳	۰/۰۰۸۷
عدم برازش مدل	۵	۱/٤۰	۰/۲۸	٤/۰۵	۰/۱۰۰۰
ضریب تبیین	۰/۷۱۷۸				
ارزیابی حسی					
مدل	۵	۰/۲۱	۰/۰٤۲	٤/۸٤	۰/۰۳۱۲
X_1	۱	۰/۰۹٦	۰/۰۹٦	۱۰/۹۹	۰/۰۱۲۸
X_2^2	۱	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۸/۵۷	۰/۰۲۲۱
عدم برازش مدل	۳	۰/۰٤۲	۰/۰۱٤	۲/۹۰	۰/۱٦۵۳
ضریب تبیین	۰/۷۷۵۵				
بار میکروبی (کپک)					
مدل	۵	۳/۵۹٤E+۰۰۵	۷۱۸۷۰/۱۵	٤۰/۱٦	<۰/۰۰۰۱
X_1	۱	۲/۷۸٦E+۰۰۵	۲/۷۸٦E+۰۰۵	۱۵۵/۷۰	<۰/۰۰۰۱
X_2	۱	۳۸٤۰۰/۰۰	۳۸٤۰۰/۰۰	۲۱/٤٦	۰/۰۰۲٤
X_1X_2	۱	۱۱۳٤۲/۲۵	۱۱۳٤۲/۲۵	٦/۳٤	۰/۰٤۰۰
X_1^2	۱	۱۵۹۰۲/۱٤	۱۵۹۰۲/۱٤	۸/۸۹	۰/۰۲۰۵
عدم برازش مدل	۳	۱۰٤۰۷/۵٤	۳٤٦۹/۱۸	٦/۵۵	۰۵۰٦
ضریب تبیین	۰/۹٦٦۳				
بار میکروبی (مخمر)					
مدل	۲	۳/۰۵٤E+۰۰۵	۱/۵۲۷E+۰۰۵	٦۱/۳٤	<۰/۰۰۰۱
X_1	۱	۲/٦۰۸E+۰۰۵	۲/٦۰۸E+۰۰۵	۱۰٤/۷۸	<۰/۰۰۰۱
X_2	۱	٤٤۵٤۸/۱۷	٤٤۵٤۸/۱۷	۱۷/۹۰	۰/۰۰۱۷
عدم برازش مدل	٦	۱۹٤۹۸/٤٦	۳۲٤۹/۷٤	۲/٤۱	۰/۲۰۷۰
ضریب تبیین	۰/۹۲٤٦				

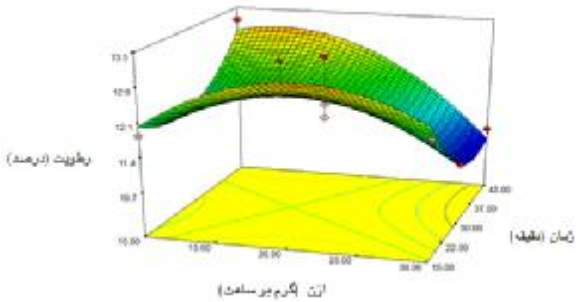
۳-۲- اثر ازن گازی بر ویژگی‌های شیمیایی خرما

۳-۲-۱- محتوای رطوبتی

با توجه به نتایج جدول ۳ در مورد نسبت محتوای رطوبتی، اثر درجه‌ی دو (X_1^2، X_2^2) و متقابل (X_1X_2) ($P<۰/۰۵$) معنی‌دار می‌باشند. به عبارت دیگر غلظت و زمان تلقیح ازن به صورت متقابل و درجه‌ی دو بر محتوای رطوبت مؤثر است. مطابق شکل ۱ بکارگیری تیمار ازن با غلظت ۱۰ گرم/ ساعت به مدت ۴۵ دقیقه بیشترین محتوای رطوبتی و استفاده از ازن با غلظت ۳۰ گرم/ساعت به مدت ۴۵ دقیقه کمترین محتوای رطوبتی را نشان داده است. به نظر می‌رسد سیرکولاسیون ازن به خروج رطوبت خرما با گذشت زمان کمک کرده است. نتایج مشابه توسط ارجایی (۱۳۸۶) در خصوص استفاده از ازن در حشره‌زدایی خرما مشاهده گردید. همچنین پژوهشی که توسط ازدمیر و آکباس در سال ۲۰۰۷، ولی و همکاران (۲۰۱۳) انجام گرفت، نشان داد که غلظت ازن تأثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت خرما نداشت. معادله‌ی ۱ نتایج مدل‌سازی و فاکتورهای برازش مدل را برای رطوبت نمونه‌های تیمار شده نشان می‌دهد.

معادله (۱)

$$Y_1=۴-۴/۱۵۰۰۰E-۰۰۳X_1X_2۸/۴۶۵۵۲-E-۰۰۳X_1^{2+}۲/۹۴۸۶۶E-۰۰۳X_2^2+۱۰/۲۳۸۵۱$$



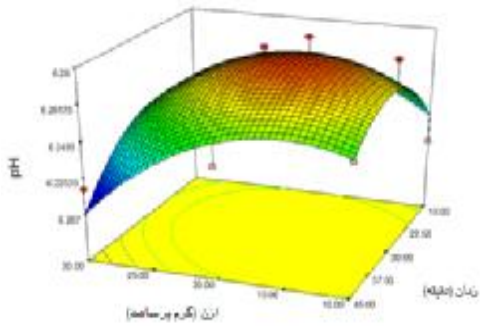
شکل۱- نمودار سطح پاسخ اثر هم زمان غلظت ازن (گرم در ساعت) و زمان (دقیقه) بر رطوبت خرمای ربی تیمار شده

۳-۲-۲- pH

با توجه به نتایج جدول ۳ اثر درجه‌ی دو متغیر (X_1^2، X_2^2) ($P<۰/۰۵$) بر pH معنی‌دار است یعنی غلظت و زمان ازن بر pH بصورت درجه دو مؤثر است. همچنین مطابق شکل ۲، بیشترین pH مربوط به غلظت ۲۰ گرم/ساعت طی ۳۰ دقیقه است همچنین کمترین pH مربوط به غلظت ۳۰ گرم/ساعت در زمان ۴۵ دقیقه است. عدم تأثیرگذاری ازن بر pH ناشی از عدم تأثیرگذاری آن بر واکنش‌های شیمیایی است. ارجائی و همکاران در مطالعه بر روی خرما گزارش دادند که ازن زنی گازی اثر معنی‌داری بر pH خرما نداشت (۱). نتایج بدست آمده با نتایج سایر محققین که بر روی محصولاتی دیگر مانند توت فرنگی، و سبزیجاتی نظیر کاهو و جعفری مطالعه کردند مطابقت دارد (۲۰و۱۰). البته نتایج مطالعه‌ی لی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که با افزایش زمان تیمار با ازن، pH بطور معنی‌داری کاهش یافته است. این عدم تطابق ممکن است ناشی از اختلاف در نوع نمونه‌ها و غلظت‌های مختلف ازن زنی باشد. معادله‌ی(۲) نتایج مدل‌سازی و فاکتورهای برازش مدل را برای pH نمونه‌های تیمار شده نشان می‌دهد.

معادله(۲)

$$Y_2=-۲/۱۸۹۶۶E-۰۰۴X_1^2-۹/۷۳۱۸۰E-۰۰۵X_2^2$$



شکل۲- نمودار سطح پاسخ اثر همزمان غلظت ازن (گرم در ساعت) و زمان (دقیقه) بر pH خرمای ربی تیمار شده

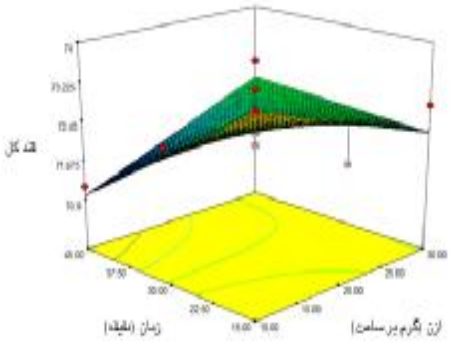
۳-۲-۳- قند کل

با توجه به نتایج جدول ۳ در قند کل اثر خطی (X_2) و متقابل (X_1X_2) ($P<۰/۰۰۰۱$) معنی‌دار است. به عبارت دیگر زمان اعمال ازن بصورت خطی، غلظت و زمان ازن بصورت متقابل روی قند کل مؤثر است. مطابق شکل ۳ بیشترین قندکل غلظت ۱۰ گرم/ساعت وزمان تلقیح ۱۵ دقیقه بوده است. کمترین قند

کل نیز مربوط به غلظت ۱۰ گرم/ساعت و زمان تلقیح ۴۵ دقیقه بود. خرمای ربی متشکل از قندهای فروکتوز، گلوکز و ساکارز است. واکنش ازن با کربوهیدراتها باعث مصرف ۲ مول ازن به ازای هرمول مونوساکارید می‌گردد که در این حالت مونوساکارید به طور کامل حذف می‌شود(۲۲). نیاوندی و همکاران (۲۰۱۲)، با بررسی اثر ازن بر خرمای کبکاب به این نتیجه رسیدند که غلظت بیش از ۲۰۰۰ppm ازن به مدت ۲ ساعت تأثیر معنی‌داری بر میزان قند خرما نداشته است. علت عدم کاهش قند در این پژوهش احتمالاً مربوط به تبدیل مونوساکاریدها به دیساکارید، کاهش مونوساکارید و افزایش دیساکارید و درنتیجه عدم تغییر قند کل است. معادله‌ی(۳) مدل‌سازی و فاکتورهای برازش مدل را بر قند کل نمونه‌های تیمار شده نشان می‌دهد.

معادله(۳)

$$Y_3=۰/۶۰X_2+۰/۷۲X_1X_2+۷۲/۳۴$$



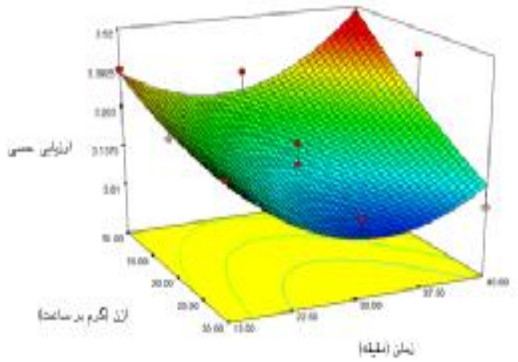
شکل۳- نمودار سطح پاسخ اثر همزمان غلظت ازن (گرم در ساعت) و زمان (دقیقه) بر محتوای قند کل خرمای ربی تیمار شده

۳-۳- بررسی اثر ازن دهی بر ویژگی‌های حسی

با توجه به نتایج جدول ۳ اثر خطی و درجه دو X_1، X_2^2 ($P<۰/۰۵$) بر قابلیت پذیرش کلی معنی‌دار است. یعنی غلظت ازن به صورت خطی و زمان اعمال ازن بصورت درجه دو بر قابلیت پذیرش کلی مؤثر است. هم‌چنین با توجه به شکل ۴ بالاترین مطلوبیت ویژگی‌های حسی، مربوط به غلظت ازن ۳۰ گرم/ساعت در مدت زمان ۴۵ دقیقه است. انتخاب غلظت مناسب، بدلیل تأثیر مستقیم ازن زنی بر طعم، رنگ و بو می باشد که نقش عمده‌ای در تعیین ویژگی‌های حسی مطلوب دارد. هم‌چنین طعم خرما به عواملی از جمله قند و ترکیبات فنلی مانند تانن بستگی دارد. گلوواز و همکاران با بررسی اثر ازن بر کیفیت فلفل قرمز، خیار و کدو سبز به این نتیجه رسیدند که فروکتوز و گلوکز در فلفل قرمز افزایش، همچنین میزان فنل در فلفل قرمز افزایش یافت(۱۵). عدم تغییرات نامطلوب با افزایش غلظت و زمان ازن زنی گازی ممکن است ناشی از فراریت ازن و ترکیب نشدن آن با خرما و عدم انتقال طعم و عطر نامطلوب ازن بر نمونه‌ها باشد. نتایج مشابهی در مورد تأثیر ازن بر ویژگی‌های حسی محصولاتی نظیر زعفران، خرمای دگلت نور، مغز پسته، توت فرنگی و هلو ارائه شد. نتایج نشان داد که ازن تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی زعفران، خرمای دگلت نور و مغز پسته نداشته است در حالی که موجب روشن‌تر شدن توت فرنگی و تغییر رنگ هلو شده است(۱۸و۱۷و۱۰و۲). اما در تحقیق دیگری، با بررسی تأثیر ازن بر نابودی آفلاتوکسین در آرد پسته به این نتیجه رسیدند که افزایش زمان و غلظت ازن در تغییرات پذیرش کلی (ظاهر، طعم) آرد پسته معنی‌دار بوده است(۲۸). معادله‌ی (۴) مدل‌سازی و فاکتورهای برازش مدل را بر ارزیابی حسی نمونه‌های تیمار شده نشان می‌دهد.

معادله(۴)

$$Y_4=۰/۰۱۰۰۹۸X_1+۷/۳۲۵۶۷E-۰۰۴X_2+۳/۸۸۳۹۱$$



شکل٤- نمودار سطح پاسخ اثر همزمان غلظت ازن (گرم در ساعت) و زمان (دقیقه) بر میانگین نمرات ارزیابی حسی خرمای ربی تیمار شده

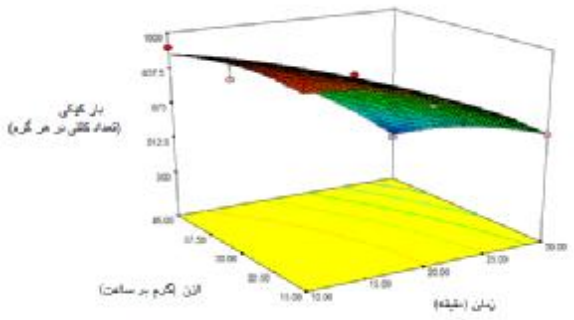
۳-٤- اثر ازن گازی بر ویژگی‌های میکروبی خرما

۳-٤-۱- بررسی اثر ازن‌دهی بر آلودگی کپک

با توجه به نتایج جدول ۳ اثر خطی، درجه دو و متقابل X_1 ($P<۰/۰۰۰۱$) ، X_2 ($P<۰/۰۱$)، X_1X_2، X_1^2 ($P<۰/۰۵$)، بر بار میکروبی (کپکی) معنی‌دار است. به عبارت دیگر غلظت و زمان ازن به صورت خطی و متقابل و غلظت ازن بصورت درجه دو بر بار میکروبی (کپکی) مؤثر است. شکل ۵ نشان داد که افزایش مدت زمان اعمال ازن موجب کاهش آلودگی کپکی می‌شود. بطوریکه کمترین آلودگی کپکی مربوط به غلظت ۳۰ گرم/ ساعت و زمان ۴۵ دقیقه بیشترین آلودگی مربوط به مقدار ۱۵ گرم/ ساعت و زمان ۴۵ دقیقه بود. ازن میکروارگانیسم‌ها را بواسطه واکنش اکسیداسیون غیر فعال می‌سازد که این حالت به علت داشتن خاصیت اکسیداسیون قوی در توانایی از بین بردن اجزای حیاتی کپک‌ها توسط ازن است(۱۲). نتایج مطالعه حاضر از لحاظ اثر معنی‌دار ازن زنی گازی بر کاهش میزان کپک با مطالعات مختلفی که بر روی خرما و قارچ توسط حداد خداپرست و همکاران ۱۳۸۵ و فرج زاده و همکاران ۲۰۱۳ انجام شده، مطابقت دارد. اما حبیبی نجفی و همکاران (۲۰۰۹)، با بررسی تأثیر ازن بر آلودگی کپک و مخمر به این نتیجه رسیدند که با کاهش غلظت ازن آلودگی کپک و مخمر در خرما بطور معنی‌داری کاهش یافت. هم‌چنین استفاده از غلظت پایین با زمان تماس بالا یا غلظت بالا و زمان تماس پایین برای کاهش بار کپک و مخمر مؤثرتر از اعمال همزمان غلظت و زمان تماس بالا است. مطالعات انجام شده استفاده از غلظت‌های کم در زمان طولانی را ترجیح داده‌اند. پائلو و همکاران (۲۰۰۲)، با استفاده از غلظت ppm ۰/۳ ازن در مدت تماس ۴ هفته مشاهده کردند که رشد میسیلیوم‌ها متوقف شده است. بنابراین نتایج مطالعات ذکر شده نیز نشان داد که ازن با خاصیت اکسیداسیون قوی توانایی از بین بردن کپک را دارد. معادله‌ی (۵) نتایج مدل-سازی و فاکتورهای برازش مدل را بر بار میکروبی (آلودگی کپکی) نمونه‌های تیمار شده نشان می‌دهد.

معادله (۵)

$$Y_5=۱۹/۴۵۱۷۲X_1+۱۲/۲۶۷۸۲X_2-۰/۳۵۵۰۰X_1X_2-۵۸۷۹X_1^2+۷۴۷/۹۳۱۰۳$$



شکل۵- نمودار سطح پاسخ اثر همزمان غلظت ازن (گرم در ساعت) و زمان (دقیقه) بر شمارش کپکی (کلنی در هر گرم) خرمای ربی تیمار شده

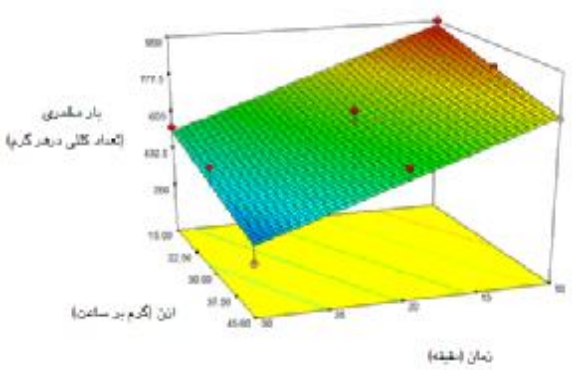
۳-٤-۲- بررسی اثر ازن‌دهی بر آلودگی مخمر

با توجه به نتایج جدول ۳، اثر خطی غلظت و زمان ازن X_1 ($P<۰/۰۰۰۱$) ، X_2 ($P<۰/۰۱$) بر آلودگی مخمری معنی-دار است. یعنی غلظت و زمان اعمال ازن بصورت خطی بر بار میکروبی (مخمر) مؤثر است. مطابق شکل ۶ بیشترین کلنی مخمری در غلظت ۱۰ گرم/ ساعت و زمان تلقیح ۲۰ دقیقه بوده است هم‌چنین کمترین مقدار کلنی مخمری مربوط به غلظت ۳۰ گرم/ ساعت و زمان ۴۵ دقیقه است. با بررسی نتایج ارائه شده می‌توان گفت، که افزایش غلظت و مدت زمان

ازن‌زنی موجب کاهش آلودگی مخمر در نمونه‌های خرمای ربی شده است. که این امر مربوط به حمله‌ی ازن به غشا گلیکوپروتیئنی و یا گلیکولیپیدی سلول و تخریب مخمرها است(۲۷). بنا به شکل ۶ آنچه سرعت کاهش آلودگی مخمری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، افزایش غلظت و مدت زمان اعمال ازن است. نتایج مشابهی در یافته‌های سایر محققین نیز گزارش شده است از جمله حداد خداپرست و همکاران (۱۳۸۵)، در ازن‌زنی خرمای رقم شاهانی به این نتیجه رسیدند که استفاده از ازن موجب کاهش بار مخمری به طور معنی‌داری شده است. فرج‌زاده و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعات خود بر روی خرما نیز به این نکته اشاره کردند که ازن زنی با غلظت ۵ گرم/ ساعت به مدت ۳ و ۵ ساعت و ازن زنی با ۱۰ گرم/ساعت به مدت ۳ و ۵ ساعت منجر به کاهش ۲۵٪, ۲۵٪, ۵۳٪ و۴۶٪ کپک و مخمر شد. هم‌چنین بیان کردند که ازن زنی یک متد مناسب برای کاهش بار میکروبی و افزایش مدت زمان ماندگاری خرما است. اگر هدف، صادرات خرما باشد با توجه به اینکه در این موارد مدت زمان نگهداری خرما در انبارها طولانی است از غلظت‌های بالاتر از ۳۰ گرم/ ساعت نیز می‌توان استفاده کرد تا در حین نگهداری، تأثیرات نامطلوبی در اثر فعالیت مخمرها در محصول ایجاد نگردد. معادله‌ی (۶) نتایج مدل‌سازی و فاکتورهای برازش مدل را بر بار مخمری نمونه‌های تیمار شده نشان می‌دهد.

معادله (۶)

$$Y_6=۲۰/۸۵۰۰۰X_1-۵/۷۴۴۴۴X_2+۱۲۲۷/۴۱۰۲۶$$



شکل٦- نمودار سطح پاسخ اثر همزمان غلظت ازن (گرم در ساعت) و زمان (دقیقه) بر شمارش مخمری (کلنی در هر گرم) خرمای ربی تیمار شده

۳-٤-۳- بررسی اثر ازن دهی بر آلودگی به آفات

با توجه به اینکه آفات انباری در هیچ یک از نمونه‌ها پس از یک ماه نگهداری مشاهده نشد، لذا در متغیرهای بهینه‌سازی وارد نشد.

۳-۵- بهینه‌سازی

پس از تعیین مدل ها به منظور رسیدن به بهترین ترکیب از لحاظ غلظت، زمان اعمال ازن و متغیرهای وابسته بهینه‌سازی شد. بهینه‌سازی، تکنیکی مناسب برای تشخیص شرایط اپتیمم است. برای این منظور ابتدا معیار محدودیت، سطوح بالا و پایین برای هر یک از پاسخ‌ها به این ترتیب تعریف شد که غلظت ازن، مدت زمان تماس، مقدار قند کل و ویژگی های حسی در محدوده و حداقل رطوبت، pH، آلودگی کپک و مخمر است. به منظور بهینه‌سازی فرایند ازن زنی، بقیه‌ی پارامترها با اهمیت یکسان در نظر گرفته شد و نهایتاً نرم افزار چندین نقطه را بعنوان نقاط بهینه مطابق با جدول ۴ پیش‌بینی کرد که مورد اول به دلیل حد مطلوبیت بالا به عنوان شرایط بهینه انتخاب شد.

جدول٤- سطوح بهینه متغیرهای مستقل و مقادیر پیش بینی شده متغیرهای وابسته در بهینه سازی ازن زنی خرمای ربی

بهینه	غلظت ازن (گرم/ساعت)	زمان اعمال ازن (دقیقه)	رطوبت (درصد)	pH	قند کل (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)	ارزیابی حسی	کپک (کلنی/گرم)	مخمر (کلنی/گرم)	حد مطلوبیت (درصد)
۱	۳۰	٤٥	۱۰/۸٦	٦/۲۰	۷۲/٤۹	۳/۱۳	۳٦٦/۹٥	۳٤۳/٤۱	۰/۹٦٤
۲	۳۰	٤٤/۸۳	۱۰/۸٥	٦/۲۰	۷۲/٤۹	۳/۱۲	۳٦۹/۳٥	۳٤٤/۳۸	۰/۹٦۳
۳	۳۰	۲۱/۷۰	۱۱/٦۱	٦/۲٤	۷۲/۳۱	۳/۱۱	٦۰۱/۲٦	٤۷۷/۲٦	۰/٦۷٤
٤	۳۰	۲۰/٥۹	۱۱/۷۲	٦/۲۳	۷۲/۳۰	۳/۱۲	٦۰۷/٦۸	٤۸۳/٦۳	۰/٦٦۳

٤-نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش آماری سطح پاسخ روش مناسبی در انتخاب سطوح بهینه‌ی فاکتورهای غلظت و زمان اعمال ازن به منظور تولید خرمای مطلوب خواهد بود. در این پژوهش اثرات غلظت و زمان اعمال ازن بر رطوبت، قندکل، pH، آلودگی کپک و مخمر، آفات انباری و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفت که حاکی از عدم تأثیرگذاری ازن بر رطوبت و pH بود در حالیکه نتایج، کاهش آلودگی میکروبی (کپک و مخمر) و عدم حضور آفات انباری را نشان داد هم‌چنین مطابق نتایج افزایش غلظت ازن موجب کاهش قند کل وافزایش زمان اعمال ازن موجب کاهش قابلیت پذیرش از سوی ارزیاب‌های حسی شده است. با توجه به نتایج، فرمول بهینه‌ی پیشنهادی برای خرمای ربی تیمار شده با ازن استفاده از غلظت ۳۰ گرم/ساعت و زمان ۴۵ دقیقه است. هم‌چنین حد مطلوبیت شرایط بهینه نیز، ۰/۹۶۴ بوده است. بطور کلی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که خرمای تولید شده به این طریق ضمن حفظ خصوصیات مطلوب و ماندگاری زیاد محصولی مناسب برای صادرات پیشنهاد شود.

٥-سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی همکارانی که در کارخانه نخل سبز صبحی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در انجام این تحقیق یاری کردند سپاس‌گزاری و تشکر می‌شود.

٦- منابع

۱. ارجائی ز، ۱۳۸٦. بررسی جایگزینی متیل بروماید به وسیله ازن در حشره زدایی خرما. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی، علوم وصنایع غذایی، دانشگاه شیراز.

۲. اسد، س. ۱۳۸۸. بررسی اثر ازن بر آلودگی میکروبی و خواص شیمیایی و حسی پسته. پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی، علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. پروانه، و. ۱۳۸۵. کنترل کیفی و آزمایشهای شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران. ویرایش سوم.

٤. حداد خداپرست، م.، ابوطالبی، ع.، دوست خواه، و. ۱۳۸۵. بررسی اثر استفاده از ازن بر روی فلور میکروبی خرما. نهمین کنگره سراسری تغذیه ایران.

۵. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات،۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی وزرات جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. جلد سوم: محصولات باغی.

٦. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۱. خرمای ربی ـ ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره٥۳۱٤. تجدید نظر اول.

۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵. کپک ـ ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره۲۵۵۳. تجدید نظر سوم.

۸. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۷. میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام ـ روش جامع برای شمارش کپک ها و مخمرها. قسمت دوم: روش شمارش کلنی در فرآورده های با فعالیت آبی(aw) مساوی یا کمتر ۰/۹۵. استاندارد ملی ایران، شماره ۲-۱۰۸۹۹.

۹. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹٤. خشکبار- اندازه گیری مقدار رطوبت ـ روش های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ٦۷۲. تجدیدنظر اول.

10. Aday, M.S., Caner, C., Buyukcan, M.B. and Temizkan, R. 2014. Role of ozone concentrations and exposure times in extending shelf life of strawberry. *Ozone science & engineering journal*. 36(1): 43-56.
11. Akbas, M.Y. and Ozdemir, M. 2008. Application of gaseous ozone to control populations of Escherichia coli, Bacillus cereus and Bacillus cereus spores in dried figs. *Food Microbiology*. 25(2): 386-91.
12. Bringmann, G. 1954. Die wirkung von ozon auf organismen des trinkwassers. *Zeitschrift fur hygiene and infektionskrankheiten*. 139(4): 130 - 139.
13. Farajzadeh, D., Qorbanpoor, A., Rafati, H. and Isfeedvajani, M.S. 2013. Reduction of date microbial load with ozone. Journal of Research in Medical Sciences : *The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 18(4): 330-34.
14. Giese, A.C. and Christensen, E. 1954. Effects of ozone on organisms. *Physiological zoology*. 27(2): 101 -115.
15. Glowacz, M., Colgan, R. and Rees, D. 2015. Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest biology and technology*. 99: 1-8.
16. Habibi Najafi, M.B. and Haddad Khodaparast, M.H. 2009. Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food control*. 20(1): 27-30.
17. Jemni, M., Gómez, P.A., Souza, M., Chaira, N., Ferchichid, A., Otón, M. et al. 2014. Combined Effect of Uv-C, Ozone and Electrolyzed Water for Keeping Overall Quality of Date Palm. *LWT - Food science and technology*. 59(2, Part 1): 649-655.
18. Joshi, K., Mahendran, R., Alagusundaram, K., Norton, T. and Tiwari, B.K. 2013. Novel disinfectants for fresh produce. *Trends in food science and technology*. 34(1): 54-61.
19. Jurado-Alameda, E., García-Román, M., Altmajer-Vaz, D. and Jiménez-Pérez, J.L. 2012. Assessment of the use of ozone for cleaning fatty soils in the food industry. *Journal of food engineering*. 110(1): 44-52.
20. Karaca, H. and Velioglu, Y.S. 2014. Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. *Postharvest biology and technology*. 88: 46-53.
21. Kim, J.G., Yousef, A.E. and Khadre, M.A. 2003. Ozone and its current and future application in the food industry. *Advances in food and nutrition research*. 45: 167-218.
22. Köllner, B. and Krause, G.H.M. 2000. Changes in Carbohydrates, Leaf Pigments and Yield in Potatoes Induced by Different ozone exposure regimes. *Agriculture, ecosystems and environment*. 78(2): 149-158.
23. Li, M., Peng, J., Zhu, K.X., Guo, X.N., Zhang, M., Peng, W. et al. 2013. Delineating the microbial and physical–chemical changes during storage of ozone treated wheat flour. Innovative *food science & emerging technologies*. 20: 223-229.
24. Niakousari, M., Erjaee, Z. and Javadian, S. 2010. Fumigation characteristics of ozone in postharvest treatment of

kabkab dates against selected insect infestation. *Journal of food protection*. 73(4): 763-8.

25. Palou, L., Crisosto, C.H., Smilaneck, J.L., Adaskaveg, J.E. and Zoffoli, J.P. 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest biology and technology*. 24: 39-48.
26. Perry, J.J. and Yousef, A.E. 2011. Decontamination of raw foods using ozone-based sanitization techniques. Annurev *review food science technology*. 2: 281-98.
27. Restaino, L.و Frampton, E.W., Hemphill, J.B. and Palnikar, P. 1995. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Applied and environmental microbiology*. 61(9): 3471-3475.
28. Yesilcimen, A.M. and Murat, O. 2006. Effect of treatments on AFLs degradation and physicochemical properties of pistachios. *Journal of science of food and agricultur*e. 86(13): 2099-2104.

(Original research Paper)

Optimization of Rabbi Date Ozonation to Increase Shelf Life

Amir Nik Asa[1], Ainaz Alizadeh [2]*, Kamyar Heidar Nejad [3]

1-M.Sc Student of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University Tabriz, Iran.
2-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University Tabriz, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Animal Science, Tabriz Branch, Islamic Azad University Tabriz, Iran.

Received:20/03/2018 Accepted:14/07/2018

Abstract

One of the problems with keeping dates is the damage caused by pest, mold and yeast. Side effects caused by conventional disinfectants have led researchers in the food industry to consider other methods such as ozone for disinfection. In this study, ozone treatment of date samples was optimized using response surface methodology (RSM) and central composite design with 13 treatments and three replications. Independent variables were ozone concentration (10, 20 and 30 g/l) and treatment time (15, 30 and 45 min). The presence of pests, microbial growth (mold and yeast), pH, moisture content, total sugar and sensory properties of date samples were evaluated. The results of this study showed that ozone concentration had no significant effect on pH, moisture content and total sugar content of dates, but a significant decrease in microbial growth (mold and yeast) and overall acceptance at higher concentrations were observed ($p<0.05$). Also, the duration of ozone exposure was not significantly affected by moisture, pH and sensory evaluation, while the decrease in microbial growth and total sugar was observed in longer periods ($p<0.05$). Storage pests were not observed in any of the samples after one month maintenance, so this factor did not include in the optimization variables. Optimization showed that the optimum sample was ozone treatment with 30 g / h at 45 min with a moisture content of 10.86%, pH = 6.20, total sugar = mg / 100g, overall acceptance = 3.13, yeast count = 366.95 cfu/g and mold count = 343/41 cfu /g with desirability of 0.964

Keywords: Ozone, Microbial Count, Response Surface Methodology, Rabbi Date.

* Corresponding Author: A.Alizadeh@iaut.ac.ir