نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۶ شماره ۱/ سال ۱۳۹۵

# بررسی کارایی تیمارهای گاز ازن، پوشش کیتوزان و دما در طول نگهداری خرمای مضافتی و بهینه‌یابی شرایط نگهداری به روش سطح پاسخ

**حمید سرحدی[1*]، محمد حسین حداد خداپرست[2]، ناصر صداقت[2]، محبت محبی[2] و الناز میلانی[3]**

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹٤/۳/۲۳

[1] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران.
[2] دانشیارگروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد
[3] دانشیار گروه فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد
[*] مسئول مکاتبه: Email: Sarhadi@iaubam.ac.ir

**چکیده**

در این مطالعه به منظور ارزیابی ماندگاری خرما و کاهش بار میکروبی آن، از تیمار گاز ازن و پوشش کیتوزان در دماهای مختلف در طول فرایند نگهداری خرما استفاده گردید. به همین منظور در قالب طرح سطح پاسخ خرماهای مورد آزمون در سه سطح (۰، ۲/۵ و ۵ ppm) و به مدت ۱ ساعت ازن زنی شدند. سپس توسط پوشش کیتوزان نیز در سه سطح ( ۰، ۱ و ۲ ٪) پوشش‌دهی گردیدند و پس از بسته بندی به روش تجاری موجود در بازار، تا پایان آزمایشات در سه دمای $^{o}C$ ۵، ۱۵ و ۲۵ نگهداری شدند. نتایج رشد کپک و مخمرها، کلیفرم‌ها و شمارش کلی باکتری‌ها نشان داد که تعداد آن‌ها با افزایش غلظت گاز ازن و درصد کیتوزان مصرفی رابطه معکوس داشته و با دما و نیز طول مدت نگهداری رابطه مستقیم دارد. با توجه به مسائل اقتصادی، تمایل به استفاده از غلظت‌های کمتر گاز ازن و پوشش کیتوزان و همچنین نگهداری خرما در دماهای اتاق در زمان طولانی، وجود دارد و بر همین اساس داده‌ها بهینه‌یابی گردید و مقادیر ازن، کیتوزان، دما و زمان به ترتیب ppm ۲/۰۱، ۰/۸٤٪، $^{o}C$ ۲۲/۰٤ و ۳۹/۹۹ روز برای خرمایی با رطوبت ۲۹٪ پیشنهاد گردید.

**واژگان کلیدی**: ازن، خرما، سطح پاسخ، کیتوزان، ماندگاری

**مقدمه**

خرما در کتب سنتی با نام "تمبر" نام برده می‌شود و میوه درختی است که به فارسی "درخت خرما" و به عربی "نخل"، به فرانسوی دیتیر[1] و پالمیر[2] و به انگلیسی دیت- پالم[3] گویند. گیاهی است از خانواده پالماسه[4] که نام علمی آن فونیکس داکتیلیفرا ال.[5] می‌باشد (مانیکاواساگا و همکاران ۲۰۱۲).

[1] Dattier

[2] Palmier
[3] Date- palm
[4] Plamaceae

Archive of SID
www.SID.ir

خرمای مضافتی در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان از مهم‌ترین خرماها شناخته می‌شود. بطور کلی سومین خرمای ایران از نظر میزان کاشت محسوب می‌شود و میوه‌ای پهن دارد. محصول این خرما زیاد و از خرماهای تر می‌باشد (جهاد کشاورزی ۱۳۷۸). این نوع خرما با توجه به رطوبت بالا جزء خشکبار محسوب نمی‌شود. به طور کلی خرما شامل ۲۵ درصد ساکارز، ۵۰ درصد گلوکز و مواد آلبومینوئیدی، پکتین و آب می‌باشد. بعلاوه دارای ویتامین‌های مختلف از جمله ویتامین A، B، C و E و نیز املاح معدنی می‌باشد که هر کدام از این مواد نقش بسزایی در سلامتی انسان ایفا می‌کنند (میرزایی و پورفضلی ۱۳٦۸). رطب مضافتی بدلیل داشتن رطوبت زیاد (بیش از ۱٤٪) در شرایط عادی نگهداری ترش و فاسد شده و تحت عمل میکروارگانیسم‌ها، تخمیر (تولید الکل) و ترشیدگی (تولید اسید لاکتیک و استیک) ایجاد می‌گردد (تریرگوسیان و همکاران ۱۳٦۸).

در چند دهه گذشته علاقه به استفاده از تکنیک‌های جدید مثل: پوشش های خوراکی، ازن و ... برای افزایش طول عمر نگهداری مواد غذایی افزایش یافته است. در بین پوشش‌های خوراکی کیتوزان که از پوسته خارجی سخت پوستان بدست می آید و سمی نیست کاربرد گسترده ای پیدا کرده است (موزارلی و همکاران ۲۰۱۲). فعالیت ضد میکروب کیتوزان روی باکتری‌ها در اثر خاصیت پلی‌کاتیونی آن است که در تشکیل پلی‌الکترولیت‌های پیچیده با پلیمرهای اسیدی تولید شده در سطح سلول باکتری مشارکت می‌کند (موزارلی۱۹۹۰).کیتوزان باعث محدود شدن رشد طیف وسیعی از میکروارگانیزم‌ها می‌شود و می‌تواند به‌عنوان ماده موثر برای کنترل فساد میوه‌جات بعد از برداشت شود (ایدر۲۰۱۰؛ ژانگ و همکاران ۲۰۱۱). ازن سریعا به اکسیژن تبدیل می شود و هیچ گونه باقیمانده خطر ناک از خود بر جای نمی گذارد. (کولن و همکاران۲۰۰۹)

بر طبق پرو تکل مونترآل بایستی کاربرد متیل برو ماید وسا یرموادضدعفونی کننده خطرناک حذف شود ،از اینرو استفاده از گاز ازن که هیچ گونه باقیمانده خطر ناک از خود بر جای نمی گذاردو اثر مخرب بر لایه ازن و محیط زیست ندارد توسعه پیدا کرده است.(پیمنتل و همکاران۲۰۰۹)

همچنین، ازن گازی است ناپایدار که به وسیله الکترولیز و واکنش‌های رادیوشیمیایی با تخلیه الکتریکی تولید می‌شود (تیکوبانوگلوس و همکاران ۲۰۰۳) و دلیل اصلی استفاده از آن در فرایندهای پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها، غیر فعال کردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و عامل فساد، و تخریب آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی باقیمانده در آن‌ها می‌باشد (ا- دانل و همکاران ۲۰۱۲).

در این پژوهش از گاز ازن و پوشش خوراکی کیتوزان به‌عنوان یک راهکار جهت افزایش ماندگاری خرمای مضافتی و کاهش آلودگی میکربی در طی دوره نگهداری در دماهای مختلف ($^{o}C$ ۵، ۱۵ و ۲۵)، مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل از آن به منظور یافتن شرایط بهینه، با روش سطح پاسخ تجزیه و تحلیل شد.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی خرما

رطب مضافتی مورد نیاز از چند نفر درخت خرما در شهرستان بم برداشت شد و پس از مخلوط کردن، خرما تا زمان انجام آزمایشات به سردخانه با دمای ٤ $^{o}C$ انتقال یافت.

### ازن‌زنی

به منظور ازن زنی از دستگاه مدل AS-1200M استفاده شد. ایندیکیتور قابل حمل مدل OZO21ZX جهت تعیین میزان گاز ازن به میزان صفر تا ده قسمت در میلیون، مورد استفاده قرار گرفت. در این دستگاه

[5] *Phoenix dactylifera L*.

Archive of SID
www.SID.ir

برای تولید گاز ازن از اکسیژن خالص استفاده شد. ظرفیت دستگاه ۸ گرم بر ساعت گاز ازن بوده و میزان تولید گاز ازن از طریق صفحه نمایش دستگاه قابل کنترل بود .خرما در کیسه مخصوص قرار داده شد و به محفظه دستگاه جهت کاربرد گاز ازن انتقال یافت. خرمای تهیه شده به سه قسمت مساوی شامل: قسمت اول بدون استفاده از گاز ازن، قسمت دوم استفاده از گاز ازن بمیزان ۲/۵ قسمت در میلیون بمدت یکساعت و قسمت سوم نیز استفاده از گاز ازن بمیزان ۵ قسمت در میلیون بمدت یکساعت، تقسیم گردید (حبیبی نجفی و حداد خداپرست ۲۰۰۹).

**پوشش‌دهی**

درتهیه پوشش خوراکی از ترکیب نشاسته خوراکی (شرکت برتر) و کیتوزان (۸۵٪ د استیله شده ساخت شرکت ام-پی سویس) استفاده گردید. برای تهیه محلولهای ۱٪و ۲٪ کیتوزان، به ترتیب ۱۰ و ۲۰ گرم کیتوزان به همراه ۵۰ گرم نشاسته ژلاتینه شده و ۲۰ میلی لیتر گلیسرول به ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر که حاوی ۱۰ میلی لیتر اسید استیک (ساخت شرکت مجللی) برای حل شدن کیتوزان بود، اضافه گردید و با استفاده از محلول سود ۰/۱ مولار تا pH معادل عدد ٦ تیتر شد، سپس محلول به حجم یک لیتر رسانده شد. محلول اسیدی بدون کیتوزان که pH آن ٦ بود بعنوان شاهد برای نمونه های فاقد پوشش کیتوزان مورد استفاده قرار گرفت (دورانگو و همکاران ۲۰۰٦).

**نگهداری در دماهای مختلف**

در ادامه به منظور نگهداری در طول مدت آزمایشات، خرماهای تیمار شده تحت مقادیر مختلف ازن و کیتوزان در سه دمای $^{o}C$ ۵، ۱۵ و ۲۵ درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی، داخل انکوباتور نگهداری شدند.

**آزمونهای میکربی**

۲۵ گرم از خرمای هسته گرفته شده با ۲۲۵ میلی لیتر محلول استریل شده رینگر در کیسه استو مایکر بمدت یک دقیقه مخلوط شد و برای شمارش کلی از محیط کشت پلیت کانت آگار و روش پور پلیت استفاده شد. برای شمارش کپک و مخمر از محیط کشت وای جی سی آگار و روش کشت سطحی و برای شمارش کلیفرم از محیط کشت مک کانکی آگار و روش کشت سطحی استفاده گردید (مسر و همکاران ۲۰۰۰). ضمنا تمامی محیط‌های کشت مصرفی از شرکت مرک تهیه گردید.

**طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری**

از آنجا که هدف اصلی پژوهش، بررسی اثرات متقابل فاکتورهای میزان گاز ازن، مقدار کیتوزان مصرفی، دما و مدت زمان نگهداری در فرایند نگهداری خرما بود، طرح آماری رویه سطح پاسخ انتخاب شد (جدول ۱). از این رو نخست بر اساس تعداد فاکتورها و سطوح آن‌ها مطابق جدول ۲، شرایط ۳۰ تیمار معین شد و سپس آزمایش‌ها تصادفی شدند، ٦ تکرار نقطه مرکزی جهت تعیین خطای آزمایش منظور گردید (مونت گومری ۱۹۹٦).

در روش RSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می‌نماید، مدل چند متغیره به صورت زیر می‌باشد.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{4} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{4} \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=i+1}^{4} \beta_{ij} x_i x_j$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش‌بینی شده $\beta_0$ ضریب ثابت، $\beta_{11}$، $\beta_{22}$، $\beta_{33}$ و $\beta_{44}$ اثر مربعات و $\beta_{12}$، $\beta_{13}$، $\beta_{14}$، $\beta_{23}$، $\beta_{24}$، $\beta_{34}$ اثرات متقابل بوده و به منظور تجزیه و تحلیل و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ از نرم افزار Design-Expert 6.0.2 استفاده گردید.

**جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها**

| علامت | متغیر مستقل | +۱ | ۰ | -۱ |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | ازن | ۵ | ۲/۵ | ۰ |
| $X_2$ | کیتوزان | ۲ | ۱ | ۰ |
| $X_3$ | دما | ۲۵ | ۱۵ | ۵ |
| $X_4$ | زمان | ۲۰ | ٤۰ | ٦۰ |

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۲- تیمارهای بکار رفته به منظور افزایش مدت زمان نگهداری خرما**

| تیمار | روز نگهداری | دمای نگهداری (سلسیوس) | کیتوزان (درصد) | ازن (درصد) | تیمار | روز نگهداری | دمای نگهداری (سلسیوس) | کیتوزان (درصد) | ازن (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۰ | ۵ | ۲ | ۰ | ۱۶ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۰ |
| ۲ | ۶۰ | ۲۵ | ۰ | ۰ | ۱۷ | ۶۰ | ۲۵ | ۰ | ۵ |
| ۳ | ۲۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ | ۱۸ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ |
| ۴ | ۶۰ | ۵ | ۰ | ۰ | ۱۹ | ۶۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ |
| ۵ | ۲۰ | ۲۵ | ۲ | ۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۵ | ۲ | ۵ |
| ۶ | ۴۰ | ۱۵ | ۲ | ۲/۵ | ۲۱ | ۶۰ | ۵ | ۲ | ۰ |
| ۷ | ۲۰ | ۲۵ | ۲ | ۵ | ۲۲ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۵ |
| ۸ | ۲۰ | ۵ | ۰ | ۰ | ۲۳ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ |
| ۹ | ۲۰ | ۵ | ۰ | ۵ | ۲۴ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ |
| ۱۰ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ | ۲۵ | ۶۰ | ۵ | ۲ | ۵ |
| ۱۱ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ | ۲۶ | ۴۰ | ۱۵ | ۰ | ۲/۵ |
| ۱۲ | ۲۰ | ۲۵ | ۰ | ۰ | ۲۷ | ۴۰ | ۱۵ | ۱ | ۲/۵ |
| ۱۳ | ۶۰ | ۲۵ | ۲ | ۵ | ۲۸ | ۴۰ | ۲۵ | ۱ | ۲/۵ |
| ۱۴ | ۲۰ | ۲۵ | ۰ | ۵ | ۲۹ | ۶۰ | ۵ | ۰ | ۵ |
| ۱۵ | ۴۰ | ۵ | ۱ | ۲/۵ | ۳۰ | ۶۰ | ۲۵ | ۲ | ۰ |

## نتایج و بحث

### اثر متغیرهای مستقل بر میزان کپک و مخمر

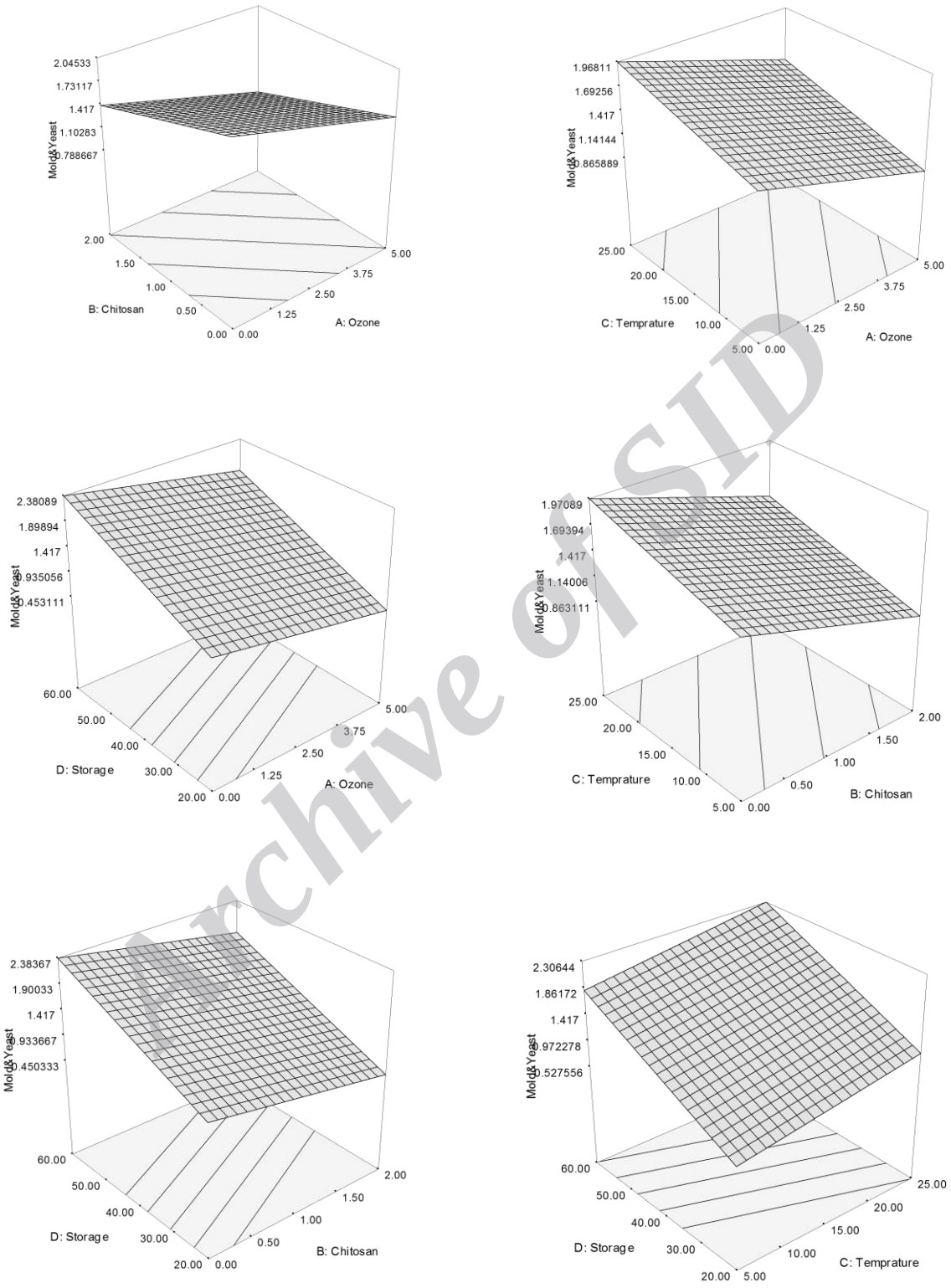
ضرایب رگرسیون چندگانه از طریق روش حداقل مربعات به منظور پیش‌بینی مدل خطی برای متغیر پاسخ ایجاد شدند و با توجه به معنی‌داری ضرایب مدل پیشنهادی زیر ارائه گردید:

$$\text{Mold \& yeast} = +1.42 + (-0.31 \times A) + (-0.32 \times B) + (+0.24 \times C) + (+0.65 \times D)$$

آزمون ANOVA مشخص نمود که مدل درجه دوم بیانگر پاسخ، با ضرایب مشخص می‌باشد. $R^2$=۰/۸۱۲٤ موید این است که مدل رگرسیون، واکنش را به خوبی توضیح داده و مدل برازش شده توانسته ۸۱/۲٤ درصد از کل تغییرات در دامنه مقادیر مورد مطالعه را توضیح دهد. $R^2$ تعدیل شده و $R^2$ پیش‌بینی شده به ترتیب ۰/۷۸۲۳ و ۰/۷۱۵۹ به دست آمدند و گویای آن هستند که مدل برازش شده توصیف نسبتا مناسبی از پراکندگی داده‌ها داشته است. مناسب بودن مدل با استفاده از آزمون فقدان برازش مورد بررسی قرار گرفت که معنی‌داری نبود ( $P > ۰/۰۵$ )، بنابراین مدل مربوط به پوشش دهی جهت پیش‌بینی در رنج متغیرهای مورد استفاده، مناسب بوده است. نمودارهای سه بعدی برای متغیرها در شکل ۱ ترسیم شده است.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل۱- نمودارهای سه بعدی اثرات متقابل متغیرهای مستقل روی تغییرات کپک و مخمر**

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمایشات نشان داد که میزان کپک و مخمر با افزایش دما و زمان نگهداری رابطه مستقیم و با افزایش غلظت گاز ازن و نیز غلظت پوشش کیتوزان رابطه معکوس دارد. به طوری که در روز ۲۰، دمای $^{o}C$ ۵، غلظت ۵ پی‌پی‌ام گاز ازن و نیز غلظت ۲٪ کیتوزان هیچ کپک و مخمری وجود نداشت (۰ log CFU/g). در حالی که هر چه در دماهای بالاتر نگهداری و نیز عدم استفاده از گاز ازن و پوشش کیتوزان به روزهای پایانی آزمایشات نزدیک شدیم، میزان کپک و مخمر افزایش یافت، به طوری که در روز ۶۰، دمای نگهداری $^{o}C$ ۲۵ و عدم استفاده از گاز ازن و پوشش کیتوزان بالاترین میزان کپک و مخمر (۲/۷۷ log CFU/g) مشاهده گردید. نتایج حاصل از مطالعه موریرا و همکاران (۲۰۱۱) در مورد اثر پوشش کیتوزان بر کلم بروکلی نشان داد که میزان کپک و مخمر در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به انواع پوشش داده نشده log CFU/g ۸-۰/۱ کمتر بود. این نتایج در مورد پوشش دهی هویج با کیتوزان نیز صادق بود (دورانگو و همکاران ۲۰۰۶). حبیبی نجف‌آبادی و حداد خداپرست (۲۰۰۹) در مورد استفاده از گاز ازن در نگهداری خرما، اعلام کردند که تعداد اولیه کپک و مخمر log CFU/g ۳/۹۳، پس از ۱ ساعت قرار گیری در معرض ازن با غلظت ppm ۱، ۳ و ۵ به ترتیب به میزان log CFU/g ۳/۸، ۳/۶۳ و ۳/۵ تقلیل یافتند، که مطابق نتایج این تحقیق بود و با افزایش غلظت گاز ازن مصرفی، بیشترین کاهش در میزان کپک و مخمر مشاهده گردید. همچنین این کاهش در کار ازتکین و همکاران (۲۰۰۶) درمورد نگهداری انجیر خشک شده مشاهده گردید.

**اثر متغیرهای مستقل بر کلیفرم**

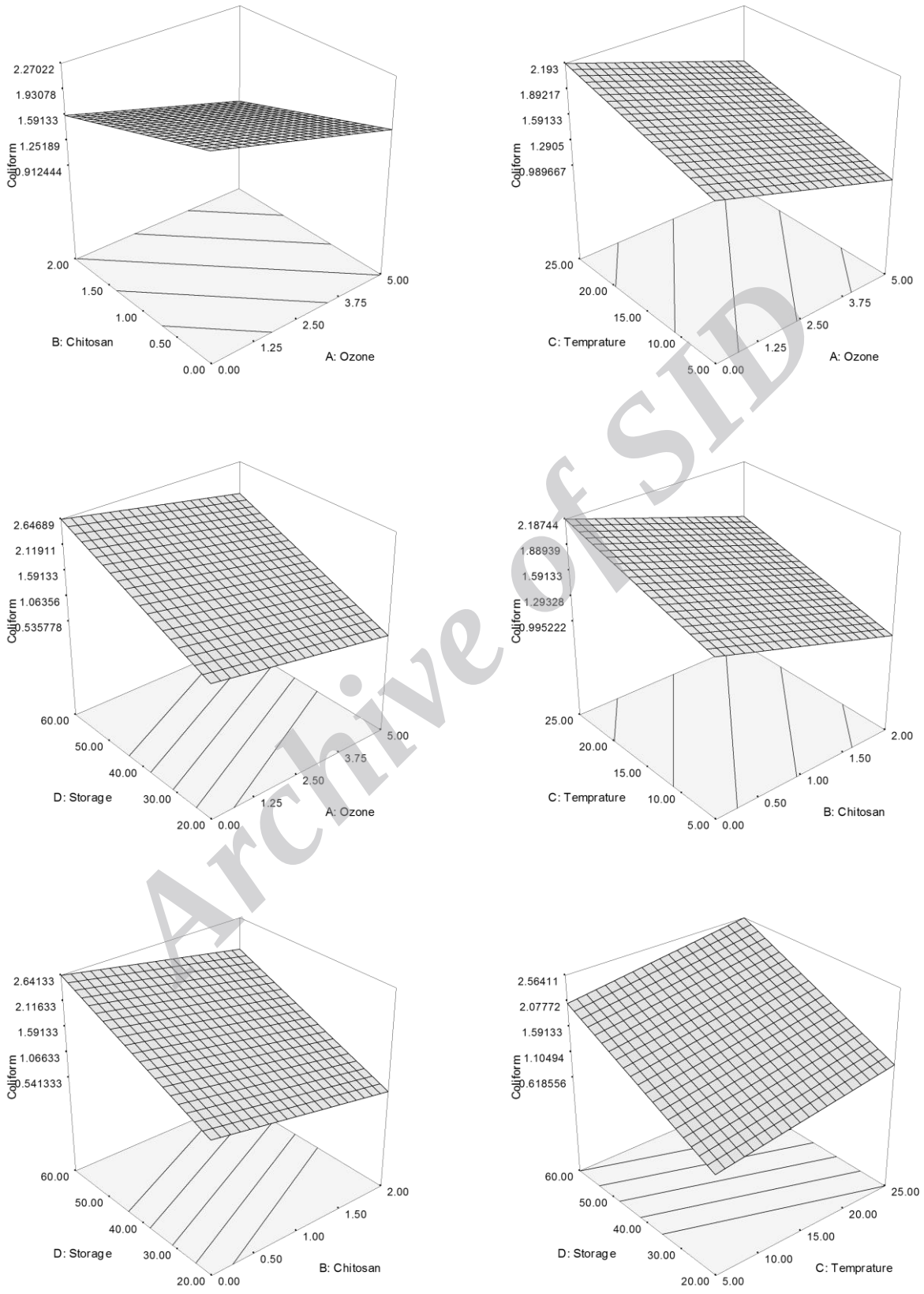
ضرایب رگرسیون چندگانه از طریق روش حداقل مربعات به منظور پیش‌بینی مدل خطی برای متغیر پاسخ ایجاد شدند و با توجه به معنی‌داری ضرایب مدل پیشنهادی زیر ارائه گردید:

Coliform = +1.59 + (-0.34×A) + (-0.34 ×B) + (+0.26×C) + (+0.71×D)

آزمون ANOVA مشخص نمود که مدل خطی بیانگر پاسخ، با ضرایب مشخص می‌باشد. $R^2$=۰/۷۹۵۷ موید این است که مدل رگرسیون، واکنش را توضیح داده و مدل برازش شده توانسته ۷۹/۵۷ درصد از کل تغییرات در دامنه مقادیر مورد مطالعه را توضیح دهد. $R^2$ تعدیل شده و $R^2$ پیش‌بینی شده به ترتیب ۰/۷۶۳۰ و ۰/۶۸۶۷ به دست آمدند و گویای آن هستند که مدل برازش شده توصیف مناسبی از پراکندگی داده‌ها داشته است. مناسب بودن مدل با استفاده از آزمون فقدان برازش مورد بررسی قرار گرفت که معنی‌داری نبود ( $P > ۰/۰۵$ )، بنابراین مدل مربوط به پوشش دهی جهت پیش‌بینی در رنج متغیرهای مورد استفاده، مناسب بوده است. نمودارهای سه بعدی برای متغیرها در شکل ۲ ترسیم شده است.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۲- نمودارهای سه بعدی اثرات متقابل متغیرهای مستقل روی کلی‌فرم**

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج حاصل از بررسی اثر متغیرهای مستقل مشابه اثر آن‌ها بر کپک و مخمر بود، به طوری که تعداد کلیفرم با افزایش دما و زمان نگهداری رابطه مستقیم و با افزایش غلظت گاز ازن و نیز غلظت پوشش کیتوزان رابطه معکوس دارد. هیچ کلیفرمی در تیمار با غلظت ppm ۵ گاز ازن، ۲٪ کیتوزان، دمای نگهداری $^{o}C$ ۵ در روز ۲۰، مشاهده نگردید، درحالی که بیشترین میزان آن در روز ۶۰ در تیمار بدون گاز ازن و پوشش کیتوزان که در دمای $^{o}C$ ۲۵ نگهداری شده بود، به میزان log CFU/g ۲/۹۷ مشاهده شد. نتایج موریرا و همکاران (۲۰۱۱)، نشان داد که تعداد کلیفرم در نمونه‌های تیمار شده با کیتوزان نسبت به نمونه کنترل به میزان log CFU/g ۱/۵ کمتر است. نتایج مشابهی نیز توسط دورانگو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شد. حبیبی نجفی و خداپرست (۲۰۰۹)، در مورد ازن زنی خرما، گزارش کردند که میزان کلیفرم با غلظت گاز ازن و نیز زمان قرار گیری خرما در معرض این گاز رابطه معکوس دارد، به طوری که پس از قرار گیری به مدت ۶۰ دقیقه و با غلظت ppm ۵، تعداد آن از log CFU/g ۳/۵۴ به log CFU/g ۰ رسید. همچنین ازتکین و همکاران (۲۰۰۶) در مورد انجیر خشک به نتایج مشابهی دست یافتند.

**اثر متغیرهای مستقل بر شمارش کلی میکروب‌ها (Total count)**

ضرایب رگرسیون چندگانه از طریق روش حداقل مربعات به منظور پیش‌بینی مدل خطی برای متغیر پاسخ ایجاد شدند و با توجه به معنی‌داری ضرایب مدل پیشنهادی زیر ارائه گردید:

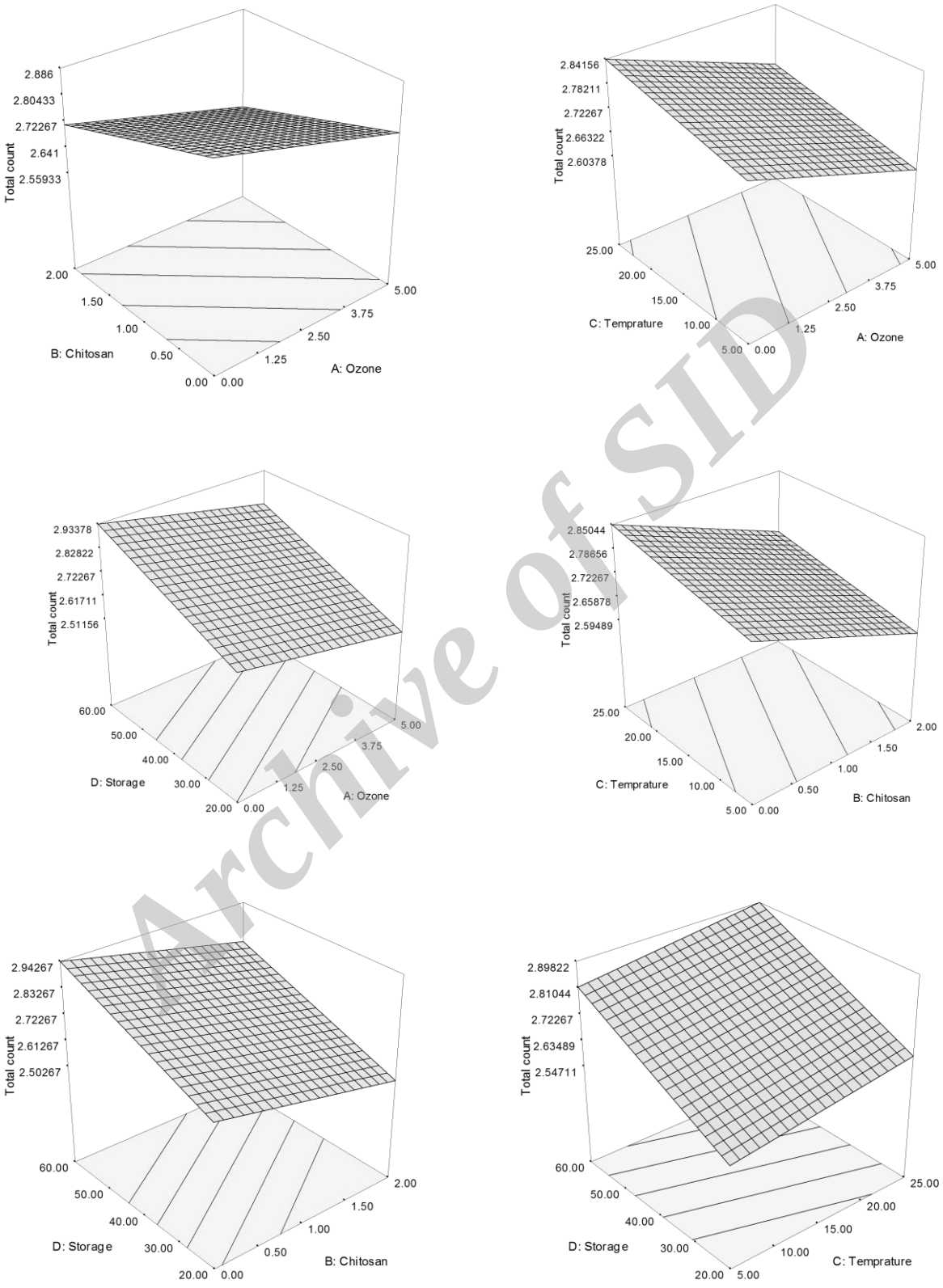
$$\text{Total count} = +2.723 + (-0.077\times A) + (-0.086\times B) + (0.042\times C) + (0.134\times D)$$

آزمون ANOVA مشخص نمود که مدل خطی بیانگر پاسخ، با ضرایب مشخص می‌باشد. $R^2$=۰/۸۵۴۳ موید این است که مدل رگرسیون، واکنش را به خوبی توضیح داده و مدل برازش شده توانسته ۸۵/۴۳ درصد از کل تغییرات در دامنه مقادیر مورد مطالعه را توضیح دهد. $R^2$ تعدیل شده و $R^2$ پیش‌بینی شده به ترتیب ۰/۸۳۱۰ و ۰/۷۶۶۴ به دست آمدند و گویای آن هستند که مدل برازش شده توصیف نسبتا مناسبی از پراکندگی داده‌ها داشته است. مناسب بودن مدل با استفاده از آزمون فقدان برازش مورد بررسی قرار گرفت که معنی‌داری نبود ($P > ۰/۰۵$)، بنابراین مدل مربوط به پوشش دهی جهت پیش‌بینی در رنج متغیرهای مورد استفاده، مناسب بوده است. نمودارهای سه بعدی برای متغیرها در شکل ۳ ترسیم شده است.

شمارش کلی هم مانند کپک و مخمر و کلیفرم، با افزایش دما و زمان نگهداری رابطه مستقیم و با افزایش غلظت گاز ازن و نیز غلظت پوشش کیتوزان رابطه معکوس داشت. به طوری که در تمامی نمودارها، بالاترین میزان شمارش کلی باکتری‌ها در روز ۶۰، دمای نگهداری $^{o}C$ ۲۵ و حالت عدم استفاده از گاز ازن و پوشش کیتوزان مشاهده گردید ( به میزان log CFU/g ۳/۱۲). نتایج مشابهی در مورد استفاده از کیتوزان به منظور پوشش دهی کلم بروکلی(موریرا و همکاران، ۲۰۱۱)، هویج (دورانگو و همکاران، ۲۰۰۶) و محصولات مشابه گزارش شده است. نتایج شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل در خرمای تیمار شده با غلظت‌های ppm ۱، ۳ و ۵ گاز ازن نشان داد که تعداد آن‌ها از log CFU/g ۴/۰۶ به ترتیب به ۳/۸، ۳/۶ و ۳/۵ می‌رسد (حبیبی نجفی و حداد خداپرست ۲۰۰۹).

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۳- نمودارهای سه بعدی اثرات متقابل متغیرهای مستقل روی شمارش کلی**

Archive of SID

www.SID.ir

**بهینه یابی**

در این پژوهش شرایط بهینه بر اساس ماندگاری طولانی مدت در دمای اتاق، استفاده کمتر از گاز ازن و پوشش کیتوزان تعیین گردید. مقادیر بهینه برای زمان ماندگاری، دمای نگهداری، میزان گاز ازن و پوشش کیتوزان به ترتیب ۳۹/۹۹ روز، $^{o}C$ ۲۲/۰٤ ، ppm ۲/۰۱ و ۰/۸٤٪ بدست آمد.

**نتیجه‌گیری**

تمایل تولید کنندگان خرما به نگهداری طولانی مدت موجب شده که از روش‌های متعددی نظیر استفاده از دماهای پایین، گازهای ضد عفونی کننده نظیر ازن، انواع پوشش‌ها نظیر کیتوزان و تیمارهای دیگر استفاده کنند. به همین منظور در این پژوهش از غلظت‌ها مختلف گاز ازن، پوشش کیتوزان، دماهای مختلف در نگهداری خرما استفاده گردید و تیمارهای مختلف در روزهای مختلف (٦٠-٢٠ روز) مورد آزمون‌های میکروبی قرار گرفتند. همانطور که انتظار می‌رفت استفاده از غلظت‌های بالاتر گاز ازن و پوشش کیتوزان و نیز دماهای پایین‌تر نگهداری در روزهای ابتدایی، موجب کاهش بیشتر بار میکروبی می‌گردید و با توجه به اهداف مطالعه در مورد نگهداری طولانی مدت در دمای اتاق و نیز استفاده کمتر از گاز ازن و پوشش کیتوزان به دلیل مسائل اقتصادی، بهینه یابی صورت گرفت. با توجه به شرایط ذکر شده فوق، بهترین حالت نگهداری رطب مضافتی با رطوبت ۲۹ درصد دمای $^{o}C$ ۲۲/۰٤، غلظت پوشش کیتوزان ۰/۸٤٪، غلظت گاز ازن ppm ۲/۰۱ و مدت ۳۹/۹۹ روز می‌باشد.

**منابع مورد استفاده**


تریرگوسیان گ، جلوخانی م، و همتی ع. آ، ۱۳٦۸، استخراج قند از خرما، چکیده گزارش. دانشگاه صنعتی شریف.

معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸٦، دفتر آمار و فن آوری اطلاعات.

میرزایی م، و پورفضلی س، ۱۳٦۸، تهیه قند مایع از خرمای درجه سه، مهندسی شیمی گروه صنایع غذایی، دانشگاه امیرکبیر

Aider M, 2010. Chitosan application for active bio-based film production and potential in the food industry: review. LWT food sci. technol 43: 837-842.

Cullen P, Tiwari B, O'Donnell C, & Muthukumarappan K. (2009). Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. Trends in food science & technology 20: 125-136.

Durango A, Soares N & Andrade NT 2006. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. Food control 17: 336-341.

Habibi Najafi MB, & Haddad Khodaparast M, 2009. Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. Food control 20: 27-30.

Manickavasagan A, Essa MM & Sukumar E, 2012. Dates: production, processing, food, and medicinal values: CRC Press.

Messer JW, Rice EW, Johnson CH & Williams MG, 2000. Spread plate technique. In R. K. Robinson, R. K. Batt, & P. D. Patel (Eds.), Encyclopedia of food microbiologypp: 2159–2160. Academic Press.

Montgomery DC, 2008. Design and analysis of experiments: John Wiley & Sons.

Moreira MdR, Roura SI, & Ponce A, 2011. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. LWT-Food Science and Technology 44: 2335-2341.

Muzzarelli RA, Boudrant J, Meyer D, Manno N, DeMarchis M & Paoletti MG, 2012. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial. Carbohydrate Polymers 87: 995-1012.


Archive of SID

www.SID.ir

Muzzarelli R, Tarsi R, Filippini O, Giovanetti E, Biagini G, & Varaldo P. (1990). Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. Antimicrobial agents and chemotherapy 34: 2019-2023.

O'Donnell C, Tiwari BK, Cullen PJ & Rice RG, 2012. Ozone in Food Processing: Wiley.

Öztekin S, Zorlugenç B & Zorlugenç FK.l, 2006. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. Journal of food engineering 75: 396-399.

Pimentel M, Faroni L D A, Guedes R, Sousa A, & Tótola M. (2009). Phosphine resistance in Brazilian populations of Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research 45: 71-74.

Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD, Metcal f & Eddy, 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse: McGraw-Hill Education.

Zhang Y, Wei W, Lv P, Wang L & Ma G, 2011. Preparation and evaluation of alginate–chitosan microspheres for oral delivery of insulin. European Journal of pharmaceutics and biopharmaceutics 77: 11-19.

Archive of SID

www.SID.ir

# Studying the efficiency of treatments of ozone gas, chitosan edible coating and temperature during palm date storage and optimizing storage conditions by the method of response surface

**H Sarhadi [1*], MH Hadad khodaparast [2], N Sedaghat [2], M Mohebi[2] and E Milani[3]**

Received: February 16, 2015 Accepted: June 13, 2015

[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Bam Branch, Islamic Azad University, Bam, Iran
[2]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[3]Associate Professor, Department of Food Processing, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran
[*]Corresponding author: E mail: Sarhadi@iaubam.ac.ir

## Abstract

In this research, the treatment of ozone gas and chitosan edible coating in different treatments were used during palm date storage in order to evaluate the palm date shelf life and decrease it's microbial load. In doing so, the studied dates were treated by ozone in three levels(0,2.5,5ppm) for 1 hours, then they were coated by chitosan in three levels (1,2%) in the form of response surface design .afterwards the packaging was performed by available commercial methods and until the end of experiment, they were kept in three temperatures (5,15,25$^{o}$c).the results of growth of yeast, molds and coliform and total number of bacteria showed that their number is inversely related to increasing the concentration of ozone gas and used chitosan percentage and it is directly related to temperature and storage time with due attention to economic problems, there is tendency to use less concentrations of ozone gas and chitosan edible coating and also palm date storage in room temperature for long periods and based on this ,the data were optimized and the values of ozone, chitosan, temperature and time were suggested for 29% humidity date in order 2.01ppm,0.84%,22.4oc, and 33.99 days .

**Keywords**: Ozone, Date, Response surface, Chitosan, Shelf life

Archive of SID

www.SID.ir