اثر ازن‌دهی بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی آرد برنج

منا ارونقی[a]، افشین جوادی[*b]

[a] *دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع‌غذایی، واحد ممقان، دانشگاه آزاد اسلامی، ممقان، ایران*
[b] *دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1400.18.2.3.9

چکیده

مقدمه: هدف از این پژوهش، دستیابی به شرایطی بهینه با استفاده از گاز ازن برای حفظ یا بهبود کیفیت و کاهش آلودگی میکروبی آرد برنج می باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، میزان (شدت) گاز ازن تزریق شده در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم بر ساعت و زمان در معرض قرارگیری در دو سطح ۱۵ و ۳۰ دقیقه (تیمار ازن‌دهی) بررسی شد. بعد از اتمام عمل ازن‌دهی، نمونه‌ها در دمای اتاق طی مدت ۶۰ روز بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ازن گازی در غلظت‌ها و زمان های القای مورد آزمون بر میزان رطوبت نمونه‌ها تاثیر معنی‌دار نداشت ($p>۰/۰۵$). ولی بر pH و عدد پراکسید آردهای برنج اثر معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). کلی‌فرم‌ها تنها در نمونه شاهد قابل شناسایی و شمارش بودند و در سایر تیمارها، منفی گزارش شدند. افزایش غلظت ازن باعث کاهش معنی‌دار شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و نیز کپک و مخمر در نمونه های آرد برنج شد ($p<۰/۰۵$). در تمامی زمان‌ها کمترین مقدار شمارش شده میکروارگانیسم‌ها در نمونه تیمار شده با ازن گازی با غلظت ۳۰ گرم بر ساعت بود. مقبولیت کلی نمونه شاهد نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر بود که این تفاوت در غلظت ۲۰ و ۳۰ گرم بر ساعت گاز ازن معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: به طور کلی بهترین نمونه از لحاظ ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی در بین تیمارهای آرد برنج، متعلق به تیمار ۱۰ گرم/ ساعت و ۱۵ دقیقه بود.

واژه‌های کلیدی: *آرد برنج، ازن، ویژگی‌های حسی، ویژگی‌های میکروبی*

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: Javadi@iaut.ac.ir

مقدمه

برنج با نام علمی (*Oryza Sativa*) یکی از مهم‌ترین غلات و از گیاهان علفی مهم در قاره آسیاست. برنج از خانواده گرامینه‌ها (گندمیان) بوده، دارای انواع یک ساله و چند ساله می‌باشد. دانه برنج و فرآورده‌های بدست آمده از آن تقریبا ۴۰ درصد غذای مورد نیاز مردم دنیا را تشکیل می‌دهند (Shumaila *et al*., 2017). به برنجی که تازه برداشت شده و دارای پوسته است، شلتوک گفته می‌شود. طی فرآیند شالیکوبی و تبدیل شلتوک به برنج سفید، برخی از دانه‌های برنج، شکسته می‌شوند که این دانه‌های شکسته را توسط الک از دانه‌های کامل جدا می‌کنند. بخشی از این دانه‌ها که زیاد خرد نشده باشند به عنوان برنج نیم‌دانه روانه بازار می‌شوند. اما دانه‌هایی که بیش از اندازه شکسته و از لحاظ ظاهری قابل استفاده در پخت و پز نباشند را برای تهیه آرد برنج مورد استفاده قرار می‌دهند. آرد برنج با آسیاب کردن دانه‌های شکسته تولید می‌شود. آرد برنج در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارد و از آن بیشتر در ترکیب سوپ، آش، کوکو، کتلت و فرنی‌های حاضری کمک گرفته می‌شود. البته نان برنجی‌های موجود در شیرینی‌پزی‌ها هم با استفاده از آرد برنج تهیه می‌شوند (Shumaila *et al*., 2017).

کاربرد ازن در کشاورزی و تولید مواد غذایی در سال‌های اخیر در حال افزایش می باشد. در سال ۲۰۰۱ ازن به عنوان یک ماده ایمن نامیده شده و به وسیله سازمان غذا و دارو (FDA) بعد از بررسی دوز ایمنی، به عنوان افزودنی غذایی اطلاعات سودمندی نیز به آن نسبت داده شده است. در کشور ژاپن امروزه بیش از ۵۰۰ گاز با منشا ازن، استفاده می شود (Rice, 2010). از مزایای گاز ازن می‌توان به سرعت و قدرت اکسید کنندگی بالا نسبت به سایر مواد ضدعفونی کننده، عدم تولید مواد سمی و محصولات ثانویه مضر، تاثیر بر طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها، قابلیت تجزیه ترکیبات سمی و شیمیایی، عدم تغییر طعم و مزه، رنگ، بو و کاربری آسان اشاره کرد (Mohtasham *et al*., 2012).

ازن به تازگی مورد توجه صنعت غـذا و کشاورزی قرار گرفت اگرچه به طور مؤثر به عنوان ماده ضدعفـونی کننده اولیه برای سالم‌سازی آب بطری و شهری از ۱۰۰ سال پیش استفاده می‌شد. ازن شکلی از اکسیژن است که شامل سه اتم اکسیژن در مقایسه با استاندارد دو اتم اکسیژن در یک مولکول اکسیژن است. ازن گازی ناپایدار و دارای بوی مشخص می‌باشد که علاوه بر فعالیت ضد میکروبی خود در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها، می‌تواند آفت‌کش‌ها و باقیمانده مواد شیمیایی را از بین ببرد (Rodgers *et al*., 2004). علاوه بر این با توجه بـه تجزیه سریع آن به اکسیژن و این واقعیت که بر روی مواد تحت تیمار اثری باقی نمی‌ماند، کاربرد آن را در فراوری مواد غذایی بـا استناد به گواهینامه‌ها، مجاز شناختند. ازن توسط انجمن غذا و دارو در آمریکا به عنوان یک عامل GRAS طبقه بندی شده است (FDA, 1982). گاز ازن با توجه به نیمه عمر ۲۰-۵۰ دقیقه‌ای خود، به سرعت به مولکول‌های اکسیژن تبدیل می‌شود و هیچگونه باقیمانده‌ای از خود بر جای نمی‌گذارد. ازن می‌تواند در محل مصرف تولید شود که نیاز به ذخیره سازی و حامل‌های شیمیایی را حذف می‌کند. به همین دلیل می‌توان از ازن به عنوان جایگزینی ایمن برای سایر نگهدارنده‌ها استفاده نمود.

استفاده و کاربرد ازن در مواد غذایی و محصولات کشاورزی مانند خرما (Farajzadeh *et al*., 2013; Haddad Khodaparast *et al*., 2006; Nikasa *et al*., 2015)، انجیر (Zorlugenc *et al*.,2008; Öztekin *et al*., 2006)، خیار (Mirzaei *et al*., 2018)، زعفران (Akbari *et al*., 2014)، آرد و خمیر (Haddad Khodaparast *et al*., 2013)، فرآورده‌های شیلاتی (Mohtasham *et al*., 2012)، غلات (McDonough *et al*., 2011)، ذرت (Murphy *et al*., 2013)، گندم (Ibanoglu, 2002)، آب (Restaino *et al*., 1995)، خیار، فلفل و کدو (Glowacz *et al*., 2015)، ، سماق، زیره و فلفل (Hemmati Moghadam *et al*., 2018)، پونه کوهی (Torlak *et al*., 2013)، فلفل سیاه (Zhao & Cranston, 1995)، فلفل قرمز (Horvitze *et al*., 2010)، دارچین، میخک و زنجبیل (Ghanbari Asl *et al*., 2018)، زیتون پرورده (Gol Ro *et al*., 2018)، گوجه گیلاسی (Das *et al*., 2006) و غیره قبلا گزارش شده است. این نتایج پیشنهاد می‌کنند که ازن در سیستم‌های پخت می‌تواند به عنوان یک عامل اکسید کننده به کار رود. ساندهو و همکاران نشان داده اند که اختلاف معنی داری بین حجم مخصوص نان تولید شده از

آرد ازن زنی شده نیز نان تولید شده با آرد محتوی برومات پتاسیم وجود ندارد. لذا پیشنهاد نمودند که استفاده از ازن، صنعت آرد و نان را از برومات پتاسیم و کلرینه کردن بی‌نیاز می‌گرداند (Sandhu *et al*., 2011). Ibanoglu (۲۰۰۲) گزارش نموده است که شستشوی دانه‌های گندم با آب ازنه در مقایسه با شستشو با آب معمولی، تعداد کل میکروبی و نیز کپک‌ها و مخمرها را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. او پیشنهاد نمود که آب ازنه به طور موفقیت آمیزی می‌تواند برای شستن گندم به منظور کاهش جمعیت میکروبی به کار رود. مزایای استفاده از گاز ازن شامل: تأثیر بر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها، عدم تغییر طعم، مزه مواد غذایی، عدم تولید ترکیبات ثانویه مضر می‌باشد. در میوه‌های روغنی مانند زیتون، چون روغن به صورت ترکیب با سایر ترکیبات تشکیل دهنده میوه از جمله: رطوبت، فیبر، پروتئین و ... می‌باشد در نتیجه ازن در تماس مستقیم با ذرات روغن موجود در میوه روغنی نمی‌باشد تا باعث ایجاد اثرات منفی گردد .

با توجه به بومی بودن برنج در ایران و کاربرد فراوان آرد برنج و همچنین عدم کفایت یا محدودیت روش‌های دیگر برای کاهش بار میکروبی این ماده غذایی و عدم وجود اطلاعات در زمینه استفاده از ازن در صنعت آرد، هدف از این پژوهش دستیابی به شرایطی بهینه با استفاده از گاز ازن برای حفظ یا بهبود کیفیت و کاهش آلودگی میکروبی آرد برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- تهیه تیمارهای آرد برنج

در این تحقیق، میزان (شدت) گاز ازن تزریق شده در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم بر ساعت و زمان ازن‌دهی در دو سطح ۱۵ و ۳۰ دقیقه بررسی شد. نمونه‌های آرد مورد آزمایش با وزن معین درون محفظه چرخان ریخته شد. ازن توسط یک دستگاه تولید کننده ازن (Model OL80F, Ozoneservices, Burton, B.C., Canada) تولید گردید. سرعت جریان اکسیژن توسط یک تنظیم کننده جریان گاز تنظیم و در این آزمایش در حداکثر توانایی دستگاه قرار داده ارزیابی ۳ شد. غلظت ازن توسط یک دستگاه اندازه گیری ازن گردید که در محدوده ۴/۸ درصد وزنی بود. پارامترهای کیفی مورد ارزیابی در این آزمایش شامل زمان تیمار دهی و میزان گاز ازن بود. دما و رطوبت . بسته بندی. نمونه شاهد نمونه‌ای بود که تیمار ازن دهی بر روی آن انجام نشد (جدول ۱). بعد از اتمام عمل ازن‌دهی، نمونه‌ها در دمای اتاق در طول ۶۰ روز هر ۳۰ روز یکبار بررسی شدند.

جدول ۱- تیمارهای تهیه آرد برنج با اعمال گاز ازن

تیمار	شدت ازن دهی (گرم بر ساعت)	زمان اعمال گاز ازن (دقیقه)
شاهد (T0)	-	-
T1	۱۰	۱۵
T2	۱۰	۳۰
T3	۲۰	۱۵
T4	۲۰	۳۰
T5	۳۰	۱۵
T6	۳۰	۳۰

- بررسی ویژگی‌های شیمیایی آرد برنج

رطوبت نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۵ (ISIRI, 2010) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری pH بر اساس استاندارد ملی ایران، شماره ۵۱۹۹ (ISIRI, 2005) انجام گرفت. عدد پراکسید بر اساس روش استاندارد ملی شماره ۳۷ (ISIRI, 2002) اندازه‌گیری شد.

- بررسی ویژگی‌های میکروبی آرد برنج

شمارش کلی فرم‌ها، طبق استاندارد ملی ایران، شماره ۲۳۹۵ (ISIRI, 2010) انجام پذیرفت. شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۵۲۷۲ (ISIRI, 2014) انجام گرفت. شمارش کپک و مخمر مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۹۹ (ISIRI, 2008) و نتایج به صورت تعداد واحدهای تشکیل دهندهٔ کلنی در گرم یا میلی‌لیتر از فرآورده بیان شد. جست‌وجوی *باسیلوس سرئوس* مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۴ (ISIRI, 2006)، انجام پذیرفت.

- ارزیابی ویژگی‌های حسی آرد برنج

ارزیابی حسی با استفاده از آزمون هدونیک ۵ امتیازی انجام پذیرفت. مقبولیت کلی در آرد برنج تیمار شده با ازن و نمونه شاهد توسط ده نفر ارزیاب مورد مطالعه قرار گرفت.

- **تجزیه و تحلیل آماری**

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمون GLM با نرم افزار Minitab 16 انجام شد. آنالیز واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) و آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار2010 EXCEL استفاده گردید.

یافته‌ها

- **ویژگی‌های شیمیایی آرد برنج تیمارشده با گاز ازن**

- **رطوبت**

همان‌گونه که از جدول ۲ مشخص است ازن‌دهی باعث کاهش رطوبت نمونه‌های آرد برنج نسبت به نمونه شاهد شد ($p<۰/۰۵$)، در حالی‌که دوز و زمان ازن‌دهی تاثیری بر میزان رطوبت نمونه‌ها نداشت ($p>۰/۰۵$). در همه نمونه‌ها با گذشت زمان، رطوبت آردهای برنج به طور معنی‌داری در طی دو ماه کاهش یافته است ($p<۰/۰۵$). این کاهش در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های تیمارشده با ازن با شدت بیشتری اتفاق افتاده است. با توجه به جدول ۲، بیشترین و کمترین میزان رطوبت به ترتیب مربوط به نمونه شاهد در روز اول و روز ۶۰ بود.

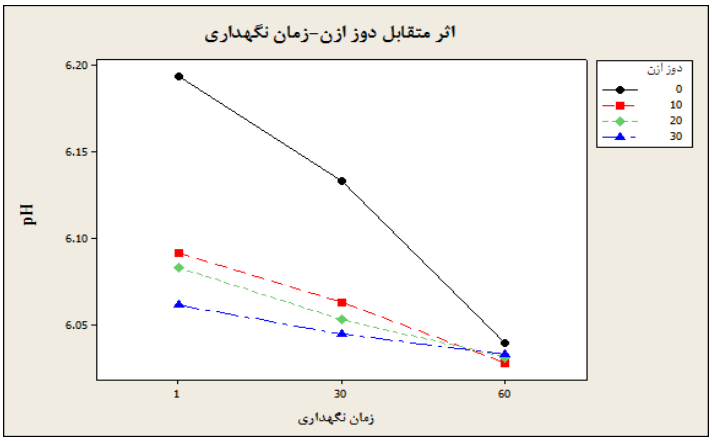
- **pH**

شکل ۱ نشان می‌دهد ازن‌دهی در روز اول باعث کاهش pH نمونه‌های آرد برنج نسبت به نمونه شاهد شده است که این کاهش در غلظت ۳۰ گرم بر ساعت نسبت به غلظت‌های دیگر معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین pH مربوط به نمونه شاهد در روز اول (۶/۱۹۳ درصد) بود. در ماه دوم همه نمونه‌ها pH کمتری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند ولی تفاوت آن‌ها با یکدیگر معنی‌دار نبود. همچنین pH نمونه‌های مختلف آرد بعد از ۶۰ روز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p>۰/۰۵$). در همه نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری و افزایش دوز ازن، pH به طور معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های تیمارشده با ازن بیشتر بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان رطوبت (٪) نمونه های مختلف آرد برنج

تیمار	روز اول (تولید)	روز ۳۰	روز ۶۰
T0	۹/۲۴۷± ۰/۰۱۱ ^{Aa}	۹/۱۶۷± ۰/۰۱۵ ^{Ba}	۹/۰۸۳± ۰/۰۲۹ ^{Cb}
T1	۹/۲۰۰± ۰/۰۱۰ ^{Ab}	۹/۱۷۰± ۰/۰۱۰ ^{Ba}	۹/۱۱۳± ۰/۰۰۶ ^{Cab}
T2	۹/۲۱۰± ۰/۰۱۷ ^{Ab}	۹/۱۶۷± ۰/۰۰۶ ^{Ba}	۹/۱۰۳± ۰/۰۲۱ ^{Cab}
T3	۹/۲۰۳± ۰/۰۱۵ ^{Ab}	۹/۱۷۷± ۰/۰۰۶ ^{Ba}	۹/۱۲۷± ۰/۰۰۶ ^{Cab}
T4	۹/۲۰۳± ۰/۰۱۵ ^{Ab}	۹/۱۷۰± ۰/۰۰۰ ^{Ba}	۹/۱۲۰± ۰/۰۱۰ ^{Cab}
T5	۹/۱۹۷± ۰/۰۰۶ ^{Ab}	۹/۱۷۳± ۰/۰۰۶ ^{Aa}	۹/۱۲۷± ۰/۰۱۵ ^{Bab}
T6	۹/۲۰۳± ۰/۰۱۲ ^{Ab}	۹/۱۷۷± ۰/۰۰۶ ^{Ba}	۹/۱۳۳± ۰/۰۰۶ ^{Ca}

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بسته به زمان (حروف بزرگ) و بسته به تیمارها (حروف کوچک) می‌باشد.



شکل ۱- تاثیر متقابل گاز ازن و زمان نگهداری بر pH نمونه‌های مختلف آرد برنج

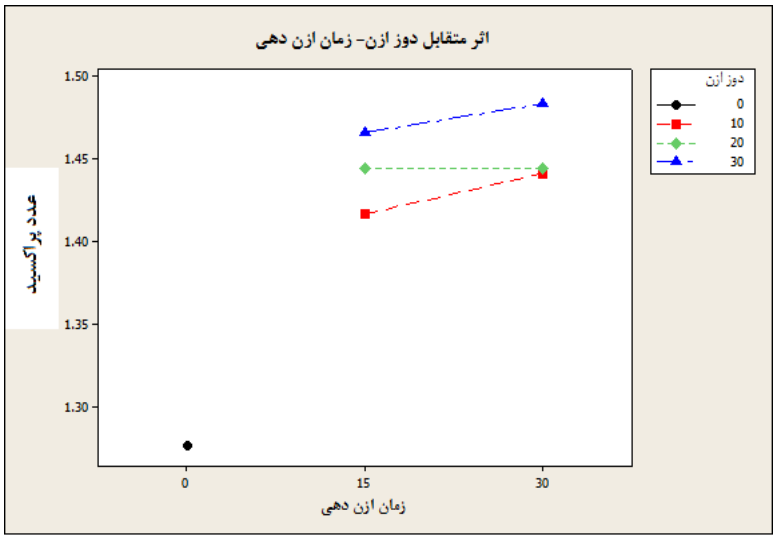
- عدد پراکسید

افزایش غلظت گاز ازن باعث افزایش عدد پراکسید نمونه‌های آرد برنج شده است، اما در غلظت ثابت، افزایش زمان القا از ۱۵ دقیقه تا ۳۰ دقیقه تاثیر معنی‌داری بر میزان پراکسید نمونه‌ها نداشت (شکل ۲). کمترین میزان پراکسید مربوط به نمونه شاهد و بیشترین آن مربوط به نمونه T6 (۳۰ گرم بر ساعت و ۳۰ دقیقه) بود. در همه نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری پراکسید به طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های تیمارشده با ازن بیشتر بود. بیشترین و کمترین میزان پراکسید در طول دو ماه به ترتیب مربوط به نمونه T6 در روز ۶۰ (۱/۴۹۳ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم) و نمونه شاهد در روز اول (۱/۱۸۷ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم) بود.

- ویژگی‌های میکروبی آرد برنج تیمارشده با گاز ازن

- شمارش کلی‌فرم‌ها

نتایج شمارش کلی‌فرم‌های نمونه‌های مختلف آرد برنج تیمار شده با گاز ازن در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کلی‌فرم‌ها تنها در مورد نمونه شاهد قابل شناسایی و شمارش بودند و در تیمار با ازن در غلظت‌ها و زمان القای مختلف، نتایج منفی گزارش شده است. در نمونه شاهد با گذشت زمان شمارش کلی‌فرم‌ها به طور معنی‌دار افزایش یافته است ($p<0/05$).



شکل ۲- تاثیر متقابل گاز ازن و زمان ازن‌دهی بر عدد پراکسید (meq/kg) نمونه‌های مختلف آرد برنج

جدول ۳- مقایسه میانگین شمارش کلی‌فرم‌های آرد برنج (Log cfu/g) تیمار شده با گاز ازن

تیمار	روز اول (تولید)	روز ۳۰	روز ۶۰
T0	۰/۰۰± ۰/۰۰ ^{c}	۰/۷۳± ۰/۰۵ ^{b}	۰/۹۷± ۰/۰۳ ^{a}
T1	منفی	منفی	منفی
T2	منفی	منفی	منفی
T3	منفی	منفی	منفی
T4	منفی	منفی	منفی
T5	منفی	منفی	منفی
T6	منفی	منفی	منفی

نتایج به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده است. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بسته به زمان می‌باشد.

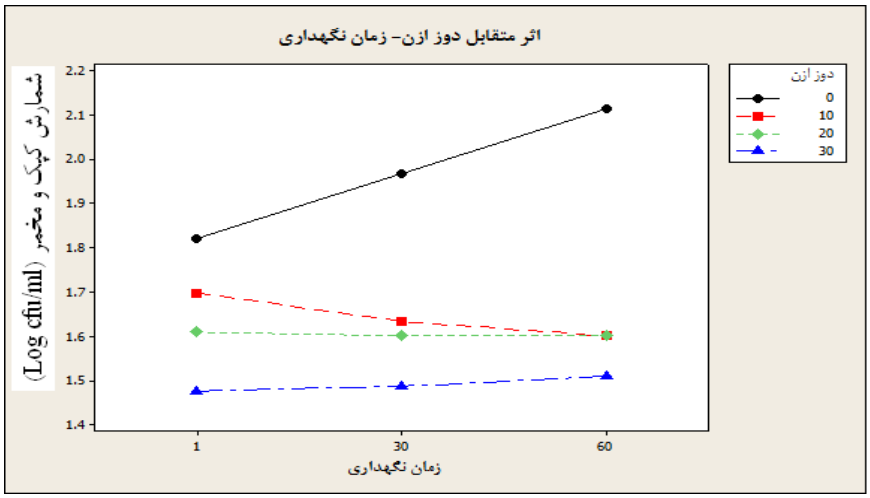
- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

شکل ۳ تاثیر متقابل دوز گاز ازن، زمان ازن‌دهی و زمان نگهداری را بر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های مختلف آرد برنج نشان می دهد. شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه شاهد در تمامی زمان‌ها نسبت به نمونه‌های تیمار شده بیشتر بود. همچنین با افزایش زمان نگهداری تعداد میکروارگانیسم‌های شمارش شده در نمونه شاهد افزایش یافت، در حالیکه این مقدار در نمونه‌های تیمار شده سیر نزولی نشان داد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، افزایش دوز ازن باعث کاهش معنی‌دار شمارش کلی میکروارگانیسم‌های نمونه های آرد برنج شد ($p<۰/۰۵$). در زمان ۳۰ دقیقه نسبت به زمان ۱۵ دقیقه و در غلظت ۳۰ گرم بر ساعت کاهش بیشتری در شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مشاهده شد.

- شمارش کپک و مخمر

شمارش کپک و مخمر در نمونه شاهد در تمامی زمان‌ها نسبت به دیگر نمونه‌ها بیشتر بود (شکل ۴). همچنین با افزایش زمان نگهداری تعداد کپک و مخمر شمارش شده در نمونه شاهد افزایش یافت، در حالی‌که این مقدار در نمونه‌های تیمار شده کاهش یافت. افزایش دوز ازن باعث کاهش معنی‌دار شمارش کپک و مخمر در نمونه های آرد برنج شد ($p<۰/۰۵$)، به طوری‌که در تمامی زمان-ها کمترین مقدار شمارش شده در نمونه تیمار شده با ازن با غلظت ۳۰ گرم بر ساعت (T5 و T6) بود. زمان القای ازن تنها در غلظت ۳۰ گرم بر ساعت و در روز ۶۰ تاثیر مثبت بر کاهش میزان کپک و مخمر نمونه‌ها داشت.

شکل ۳- تاثیر متقابل دوز گاز ازن، زمان ازن‌دهی و زمان نگهداری بر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های مختلف آرد برنج



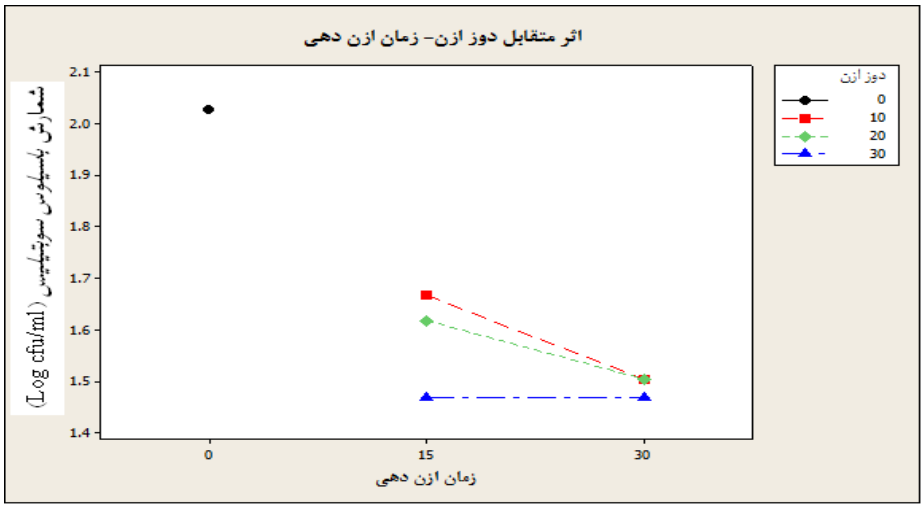
شکل ٤- تاثیر متقابل دوز گاز ازن و زمان نگهداری بر شمارش کپک و مخمر در نمونه‌های مختلف آرد برنج

- شمارش باسیلوس سرئوس

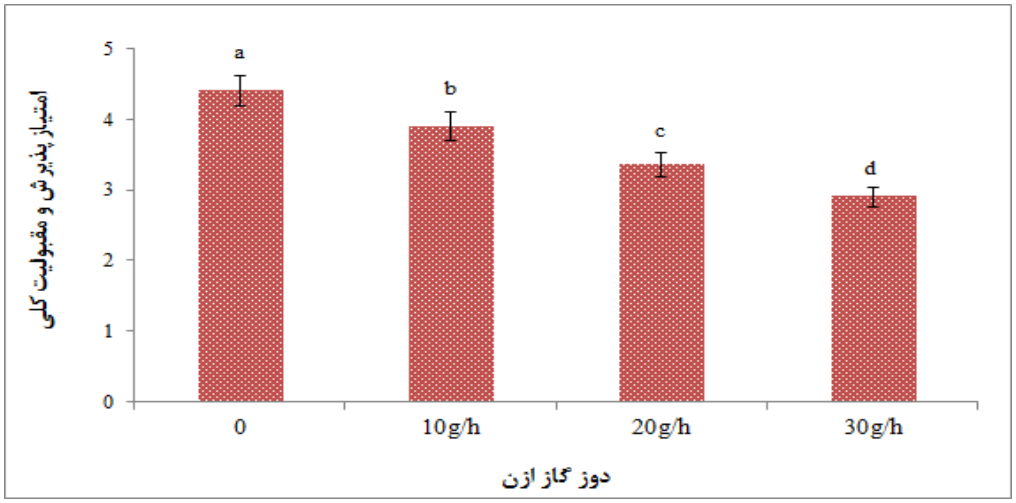
همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، افزایش دوز ازن باعث کاهش معنی‌دار *باسیلوس سرئوس* شمارش شده در نمونه‌های آرد برنج شد ($p<۰/۰۵$)، به طوری‌که در تمامی زمان‌ها بیشترین مقدار شمارش شده در نمونه شاهد و کمترین آن در نمونه T6 بود. با افزایش زمان نگهداری *باسیلوس سرئوس* شمارش شده در نمونه شاهد افزایش یافت، در حالیکه این مقدار در نمونه‌های تیمار شده کاهش نشان داد. زمان القای ازن بر شمارش *باسیلوس سرئوس* تاثیر نداشت ($p>۰/۰۵$). همچنین تعداد کلنی‌های *باسیلوس سرئوس* در نمونه T2 (۱۰ گرم بر ساعت، ۳۰ دقیقه) در تمامی زمان‌ها همانند نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های بالای ازن، کاهش معنی‌داری نشان داد.

- ارزیابی حسی آرد برنج تیمار شده با گاز ازن

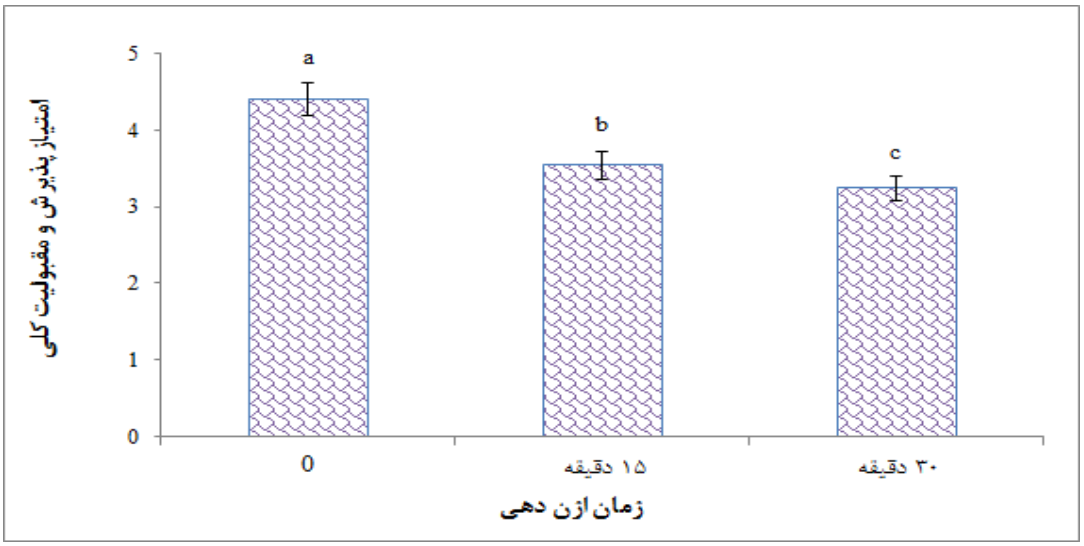
شکل ۶ نشان می‌دهد افزایش دوز ازن باعث کاهش معنی‌دار پذیرش کلی نمونه‌های مختلف آرد برنج شد ($p<۰/۰۵$)، به طوری‌که کمترین امتیاز به نمونه تیمار شده با ازن گازی با غلظت ۳۰ گرم بر ساعت اختصاص یافت. زمان القای ازن در غلظت‌های مختلف تاثیر معنی‌داری بر امتیاز ارزیاب‌ها نداشت. همچنین با گذشت زمان پذیرش کلی نمونه‌ها نیز کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$) (شکل ۷).



شکل ۵- تاثیر متقابل دوز گاز ازن و زمان ازن‌دهی بر شمارش *باسیلوس سرئوس* در نمونه‌های مختلف آرد برنج



شکل ٦- تاثیر دوز گاز ازن بر ویژگی‌های حسی (مقبولیت کلی) آرد برنج



شکل ۷- تاثیر زمان ازن دهی بر ویژگی‌های حسی (مقبولیت کلی) آرد برنج

بحث

نتایج نشان داد که ازن گازی در غلظت‌ها و زمان‌های القای مورد آزمون بر میزان رطوبت نمونه‌ها تاثیر معنی‌دار نداشت ($p>0/05$). همه نمونه‌های تیمار شده با ازن، pH کمتری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. به دلیل اینکه ازن‌دهی باعث بوجود آمدن رادیکال آزاد و نیز کاتیون‌ها و آنیون‌های آزاد در محیط شده و باعث تغییر در غلظت الکترولیت‌ها می‌شود (Nikasa & Rahimzadeh, 2013). در همه زمان‌ها افزایش غلظت گاز ازن باعث افزایش عدد پراکسید نمونه‌های آرد برنج شده است. Nikasa و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که ازن‌دهی تاثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت، pH، قند کل و رنگ نمونه‌های خرمای ربی نداشت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. Haddad Khodaparast و همکاران (۲۰۱۳) بهبود خواص رئولوژیکی خمیر و کاهش جمعیت میکروبی به وسیله ازن را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ازن‌دهی می‌تواند باعث تشدید اکسیدکنندگی در محصول نهایی گردد. این عامل در فرآوری خمیر نان به عنوان بهبوددهنده و روشن‌کننده رنگ آرد موثر است. استفاده از پیش تیمارهای اسید سیتریک و ازن نیز بر حفظ خواص کیفی خیار تاثیرگذار بود. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از این پیش تیمارها توانست افت کیفیت و روند کاهش در خصوصیات کیفی خیار را کند نماید؛ به طوری که پیش تیمار ازن بهتر از اسید سیتریک توانست پارامترهای کیفی را حفظ کند. به طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که تغییر و اصلاح شرایط محیطی درون بسته بر کیفیت و ماندگاری محصول تاثیرگذارا ست (Mirzaei *et al.*, 2018). نتایج بدست آمده از پژوهشAsad (۲۰۰۹) نشان داد کـه در هر دو سطح ازن (۳ و ۴/۵ ppm)، کاهش میزان سطح میکروبی *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیاکلی* معنی‌دار است، اما در مورد *آسپرژیلوس فلاووس* فقط در غلظت ۴/۵ ppm کاهش میکروبی معنی‌دار بود. اندیس‌های کیفی روغن پسته (اندیس پراکسید، اندیس تیوباربیتوریک اسید و اسیدهای چرب آزاد) در تمام نمونه‌ها در محدوده استاندارد قرار داشتند و در مورد خواص حسی، اثر زمان ۸ ساعت بر رنگ پسته تاثیر معنی داری داشت.

در پژوهشی دیگر اثر گاز ازن را بر ماندگاری و خواص کیفی خیار، فلفل و کدو سبز بررسی شد. نتایج نشان داد خواص رنگ، بافت و کاهش وزن در خیار و کدو سبز تغییری پیدا نکردند و ثابت ماندند، هر چند که در فلفل محتویات شکر و ترکیبات فنولیک افزایش یافت (Glowacz *et al.*, 2015). همچنین در فراوری اثر ازن و پرکلرین بر خواص کیفی کاهو پرداخته شد و نتایج نشان داد که ازن سبب حفظ بهتر خواص کیفی کاهو گردید و بهتر توانست آن را ضدعفونی کند (Beck Mohammadpour *et al.*, 2015).

کلی‌فرم‌ها، کپک و مخمر تنها در مورد نمونه شاهد قابل شناسایی و شمارش بودند و در تیمار با ازن در

غلظت‌ها و زمان القای مختلف، نتایج منفی گزارش شد. افزایش غلظت ازن باعث کاهش معنی‌دار شمارش کلی میکروارگانیسم‌های نمونه‌های آرد برنج شد ($p<0/05$). در تحقیقی برای غیر فعال کردن بار میکروبی انجیر خشک، از ازن به شکل گاز به مدت ۳ و ۵ ساعت به غلظت ppm ۵ و ۱۰ استفاده شد. در نتایج این تحقیق ملاحظه شد که شمارش کلی باکتری ها،کلی‌فرم، کپک و مخمرها بصورت معنی‌دار کاهش یافت و *اشرشیاکلی* بطور کامل از بین رفت (Torlak *et al*., 2013). یکی از دلایل این کاهش از بین رفتن میکروارگانیسم به دلیل واکنش ازن با اجزای سلول به ویژه آنان که در ساختارشان پیوند دوگانه، گروه سولفیدریل و حلقه فنلی دارند، می‌باشد. بنابراین فسفولیپید های غشاء، آنزیم‌های درون سلولی و مواد ژنومی توسط ازن هدف قرار می‌گیرند و در نتیجه این واکنش آسیب سلولی و مرگ میکروارگانیسم‌ها را سبب می‌شود (Nikasa, 2013). محققان دیگر نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. Ibanoglu (۲۰۰۲) که برای شستن گندم از آب ازنه استفاده کرده بود، نتایج کشندگی مشابهی را مشاهده نمود. Naito و Takahara (۲۰۰۶) نیز کاهش جمعیت میکروبی را در محصولات غلات گزارش نمودند. اثر میکروب کشی ازن به دلیل خاصیت اکسیدکنندگی آن می‌باشد. ازن یک عامل اکسیدکننده قوی و بسیار خورنده در برابر گونه‌های ارگانیسم‌های مختلف شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها و پروتوزوآها می‌باشد. در باکتری‌ها، باعث صدمه به غشاء سلول و در نتیجه شکستن و تخریب آنزیم‌ها می‌شود و همچنین روی اسیدهای نوکلئیک اثر می‌کند. Bringmann (۱۹۵۴) اشاره نمود که ازن میکروارگانیسم‌ها را به واسطه واکنش اکسیداسیون غیر فعال می‌سازد. به عبارت دیگر ازن اجزاء حیاتی سلول را توسط اکسیداسیون پیشرو و تصاعدی نابود می‌کند و سطح سلول باکتری‌ها به عنوان هدف مقدماتی حمله ازن معرفی شده است (Kaya & Topaktas, 2007). در ویروس‌ها، اولین جایی که ازن به آن حمله و آن را غیرفعال می‌سازد پوشش ویروس مخصوصا پروتئین‌های موجود در آن است (Chawla, 2006). به طور کلی حساسیت میکروارگانسیم‌ها به ازن به ترتیب زیر بود: باکتری‌های گرم مثبت حساسیت بیشتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی داشتند و پس از آن مخمرها و سپس کپک‌ها به ازن حساس‌تر بودند. می‌توان گفت که تفاوت در تاثیر ازن بر روی میکروب‌های مختلف به علت اختلاف در ترکیبات دیواره سلولی، سیتوبلاسم، غشا یا ممبران این باکتری‌ها و حساسیت‌های متفاوتی است که هر باکتری به ازن نشان می‌دهد (Sandhu *et al*.,).

کاهش کپک‌ها و مخمرها در این پژوهش با تحقیقی که Akbari و همکاران (۲۰۱۴) روی زعفران و Farajzadeh و همکاران (۲۰۱۳) بر روی خرما انجام دادند مطابقت داشت. Gibson و همکاران (۱۹۶۰) به بررسی بر روی پنیر چدار که توسط ازن تیمار شد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تیمار توسط ازن باعث توقف رشد کپک گردید. Palou و همکاران (2002) به بررسی بر روی لیمو تحت درمان توسط ازن مدت سه هفته پرداختند که این تیمار باعث کاهش رشد کپک گردید. Whangchain و همکاران (2010) به بررسی بر روی نارنگی تحت تیمار با ازن پرداختند که تیمار مذکور باعث کاهش رشد کپک شد.

Nikasa و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند بهترین نمونه خرما، نمونه تیمار شده با غلظت g/h ۳۰ بود. در زمینه ارزیابی حسی از لحاظ طعم، بو، بافت، ازن‌دهی آبی تاثیر منفی بر روی نمونه‌های تیمار شده داشت. درحالی که ازن‌دهی گازی تاثیر معنی‌داری بر روی نمونه‌ها نداشت. این نتایج در تایید نتایج Ghanbari Asl و همکاران (۲۰۱۸) بود.

بنابراین به‌نظر می‌رسد جایگزین نمودن گاز ازن به عنوان یک عامل مهارکننده رشد میکروارگانیسم‌ها با توجه به عدم تأثیر منفی بر محصول به جای افزودنی‌های معمول می‌تواند مورد توجه صنعتگران قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که ازن گازی در غلظت‌ها و زمان‌های مورد آزمون بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی آرد برنج تاثیر مطلوبی داشت. بهترین نمونه از لحاظ ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی در بین تیمارهای آرد برنج، متعلق به تیمار T_1 (۱۰ گرم/ ساعت، ۱۵ دقیقه) بود.

منابع

Asad, S. (2009). Evaluation of the effect of ozone on microbial contamination and chemical and sensory properties of pistachios. Master Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]

Akbari, M., Nemat Shahi, M., Haddad Khodaparast, M. & Jahed, A. (2014). Effect of ozone on microbial quality and destruction of live larvae in saffron. Journal of Food Industry Research, 1(2), 1-4. [In Persian]

Beck Mohammadpour, M. & Alirezaloo, K. (2015). Processing of vegetables and basil with high durability using modern disinfection method. Journal of Food Industry Research, 1(3), 2-4. [In Persian]

Bringmann, G. (1954). Determination of the Lethal Activity of Chlorine and Ozone on E. coli. Hygiene, 139, 130-139.

Chawla, A. S. (2006). Application of ozonated water technology for improving quality and safety of peeled shrimp meat. Louisiana State University LSU Digital Commons.

Das, E., Candan-G¨urakan, G. & Bayındırlı, A. (2006). Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella enteritidis* on cherry tomatoes. Food Microbiology, 23, 430-438.

Farajzadeh, D., Qorbanpoor, A., Rafati, H. & 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), 330-334.

FDA. (1982). GRAS status of ozone. Federal Regulations, 47: 50209–50210.

Gibson, C. A., Elliott, J. A. & Beckett, D. C. (1960). Ozone for controlling mold on cheddar cheese, Canadian Dairy and Ice Cream Journal, 24-28.

Ghanbari Asl, H., Asefi, N. & Hanifian, S. (2018). The effect of ozone gas on some chemical and microbial properties of spices: cinnamon, cloves and ginger. Journal of Food Industry Research, 4, 145-157. [In Persian]

Glowacz, M., Colgan, R. & 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.

Gol Ro, M., Fahim Danesh, M. & Khani, M. (2018). The effect of ozone gas on the microbial properties of cultivated olives and its comparison with sorbic acid. Iranian Journal of Nutrition and Food Industry, 2, 71-78. [In Persian]

Haddad Khodaparast, H., Aboutalebi, A. S. & Friendly A. (2006). Investigating the effect of using ozone on the microbial flora of dates. Ninth National Nutrition Congress of Iran. [In Persian]

Haddad Khodaparast, H., Pourfarzad, A., Khodang Mirfarjad, M., Haddad Khodaparast, A. & Sardarian, A. (2013). Evaluation of the effect of ozone on the microbial population of flour and rheological properties of the dough. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 1, 1-8. [In Persian]

Hemmati Moghadam, A. S., Asefi, N. & Hanifian, S. (2018). Study of the effect of ozone treatment on the qualitative and microbial characteristics of sumac, cumin and pepper. Food Hygiene Magazine, 3, 37-49. [In Persian]

Horvitz, S. & Cantalejo, M. J. (2010a). Effects of aqueous ozone on quality of minimally processed red bell pepper. Acta Hortic, 58, 329-333.

Ibanoglu, S. (2002). Wheat washing with ozonated water: Effects on selected flour properties. International Journal of Food Science and Technology, 37(5), 579- 584.

ISIRI. (2010). Cereals and their products - moisture measurement method - reference method. National Standard of Iran, No. 2705.

ISIRI. (2005). Cereals and their products - pH measurement method. National Standard of Iran, No. 5199.

ISIRI. (2002). Method of measuring low moisture food peroxide. National Standard of Iran, No. 37.

ISIRI. (2010). Microbiology of cereal products - counting of coli forms. National Standard of Iran, No. 2395.

ISIRI. (2014). Food chain microbiology - a comprehensive method for counting microorganisms - colony counting by pour plate and surface plate method. National Standard of Iran, No. 5272.

ISIRI. (2008). Food and Animal Microbiology - Comprehensive Method for Counting Molds and Yeasts - Part Two - Method of Colon Counting in Products with Equal Activity (aw) equal to or less than 0.95. National Standard of Iran, No. 10899.

ISIRI. (2006). Food and Animal Microbiology - Possible Bacillus Cereus

Palou, L, Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Adaskaveg, J.E. & 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 Technology, 24, 39-48.

Restaino, L, Frampton, E.W., Hemphill, J.B. & Palnikar, P. (1995). Efficacy of Ozonated Water against Various Food-Related Microorganisms. Applied and Environmental Microbiology, 3471–3475.

Rice, R.G. (2010). Commercial applications of ozone in food processing. In: Studies in Novel Food Processing Technologies, Woodhead Publishing, Case Studies in Novel Food Processing Technologies, 258-282.

Rodgers, S. L., Cash, J. N., Siddiq, M. & Ryser, E.T. (2004). A comparison of different chemical sanitizers for inactivating Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. Journal of Food Protection, 67, 721-731.

Sandhu, H. P. S., Manthey, F. A. & Simsek, S. (2011). In press. Quality of bread made from ozonated wheat (Triticum aestivum L.) flour. Journal of the Science of Food and Agriculture.91 (9), 1576-1584.

Shumaila, J., Chinmay, G. & Saxena, D.C. (2017). Effect of particle size, shape and surface roughness on bulk and shear properties of rice flour. Journal of Cereal Science, 76, 215-221.

Torlak, E., Sert, D. & Ulca, P. (2013). Efficacy of gaseous ozone against Salmonella and microbial population on dried oregano. International Journal of Food Microbiology, 165, 276–280.

Whangchai, K., Saengnil, K., Singkamanee, C. & Uthaibutra, J. (2010). Effect of electrolyzed oxidizing water and continuous ozone exposure on the control of Penicillium digitatum on tangerine cv. ‘Sai Nam Pung’ during storage. Crop Proection Journalt, 29, 386-389.

Zhao, J. & Cranston, P.M. (1995). Microbial decontamination of black pepper by ozone and the effect of the treatment on volatile oil constituents of the spice. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1, 11-18.

Zorlugenc, B., Zorlugenc, F.K., Oztekin, S. & Evliya, I.B. (2008). The influence of gaseous ozone and ozonated water on microbial flora and degradation of aflatoxin B1

Counting Method by Colon Counting Method at 30 30 C - Test Method. National Standard of Iran, No. 2324.

Kaya, F. F. & Topaktas, M. (2007). Genotoxic effects of potassium bromate on human peripheral lymphocytes in vitro. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 626 (1-2), 48-52.

McDonough, M. X. & Campabadal, C. A., Mason, L. J., Maier, D. E., Denvir, A. & Woloshuk, C. (2011). Ozone application in a modified screw conveyor to treat grain for insect pests, fungal contaminants, and mycotoxins. Journal of Stored Products Research. 47, 3: 249-254.

Mirzaei, M., Tabatabai Chlor, R. & Ismailzadeh Kanari, R. (2018). Effect of ozone and citric acid precursors on the quality characteristics of cucumber in packaging with modified atmosphere. Quarterly Journal of New Food Technologies, 3, 361-372. [In Persian]

Mohtasham, H., Kamani, M. H, Safari, A. & Mazlum, S. (2012). Investigating the possibility of optimal use of ozone gas in improving the quality of fishery products. National Aquatic Conference. Bushehr. 406-409. [In Persian]

Murphy, P. T., White, S. T., Leandro, L. F., Bern, C. J. & Beattie, S. E. (2013). Mycoflora of high-moisture maize treated with ozone. Journal of Stored Products Research, 55, 84-89.

Naito, S. (1990). Studies on utilization of ozone in food preservation. Part VII. Effect of ozone treatment on the rheological properties of wheat flour. Journal of Japanese Society for Food Science and Technology, 37(10), 810-813.

Naito, S. & Takahara, H. (2006). Ozone Contribution in Food Industry in Japan. Science & Engineering, 28(6), 425-429.

Nikasa, A., Alizadeh, A. & Haidarnejad, K. (2015). Investigating the use of ozone in date storage. First National Conference on Agricultural Development, Healthy Land. [In Persian]

Nikasa, A. & Rahimzadeh, A. (2013). The use of ozone in the food, agricultural and related industries. Amidi Publications, 20-33. [In Persian]

Öztekin, S., Zorlugenç, B. & Kiroğlu Zorlugenç, F. (2006). Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. Journal of Food Engineering, 75, 396-399.

in dried figs. Food and Chemical Toxicology, 46, 3593–3597.

The Effect of Ozonation on the Chemical, Microbial and Sensory Properties of Rice Flour

M. Arvanaghi [a], A. Javadi [b*]

[a] MSc Student of the Department of Food Science, Mamaghan Branch, Islamic Azad University, Mamaghan, Iran.

[b] Associate Professor of the Department of Food Hygiene, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received: 29 December 2019 Accepted: 20 July 2020

Abstract

Introduction: The objective of this study was to achieve optimal conditions using ozone gas to maintain or improve the quality and reduce the microbial contamination of rice flour.

Materials and Methods: In this research, ozone gas was injected at the rate of 10, 20 and 30 g/h and grazing time (extinction treatment) of 15 and 30 minutes and after completing the exoneration, the specimens were examined at room temperature for 60 days.

Results: The results showed that ozone gas had no significant effect on the moisture content of the samples ($p > 0.05$) but treatment with ozone gas had significant effect on pH and peroxide value of rice bran ($p < 0.05$). Coliforms were only detectable in the control sample and negative results were reported in ozone treated samples at different concentrations and time of induction. Increasing ozone concentration significantly reduced the total count of microorganisms and mold and yeast in rice flour samples ($p < 0.05$). Therefore the highest count was in the control sample and the lowest count was in the sample treated with ozone gas at the concentration of 30 g/h. The sensory characteristics of the control sample were higher than other samples, which was significant at the concentration of 20 and 30 g/h of ozone gas ($p < 0.05$).

Conclusion: In conclusion, the best chemical, microbial and organoleptic characteristics of rice flour treatments were obtained at 10 g/h and 15 min.

Keywords: *Microbial Properties, Ozone Gas, Rice Flour, Sensory Properties.*

* Corresponding Author: javadi@iaut.ac.ir