



ارزیابی تاثیر گاز ازن بر ویژگی‌های کیفی و میکروبی دانه ذرت

جلال محمدزاده^{۱*}، جواد زنگانه^۲

۱- استادیار علوم و صنایع غذایی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

۲- مدیر اجرایی مرکز تحقیقات فرآورده های غذایی دارویی و طبیعی دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	تولید ذرت بعد از گندم مقام دوم را در بین غلات داشته و معمولاً بخش زیادی از آن بلافاصله پس از برداشت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بلکه برای استفاده تدریجی در فصول دیگر و یا به‌منظور صادرات به سایر مناطق، در انبارها نگهداری می‌شود. گسترش انواع قارچ‌ها و به‌دنبال آن تولید سم‌های قارچی به‌خصوص در مناطق با رطوبت بالا، علاوه بر خسارت کمی و کیفی به محصولات انبار شده سبب افزایش ضایعات و به‌مخاطره انداختن سلامت جامعه می‌شوند. در راستای جایگزینی روش‌های کم‌خطر افزایش عمر انبارمانی، در این تحقیق تاثیر گاز ازن با دو متغیر غلظت ازن (۲۵، ۵۰ و ۷۵ ppm) در مدت زمان ازن‌دهی (۱، ۳، ۵ و ۷ روز) بر دانه ذرت غالب منطقه گلستان (رقم سینگل کراس ۴۰۷) ارزیابی شد. همچنین ویژگی‌های میکروبی به لحاظ کنترل گسترش قارچ‌ها و تغییرات خصوصیات کیفی دانه بررسی شد. نتایج نشان داد، افزایش غلظت ازن تا ۵۰ ppm و زمان ازن‌دهی ۳ روز بر کاهش رشد قارچ‌ها و تولید آفلاتوکسین معنی‌دار بوده است ($P < 0.05$). همچنین نتایج حاکی از آن بود استفاده از غلظت ۷۵ ppm در زمان‌های ۱، ۳، ۵ و ۷ روز سبب تغییرات اکسیداتیو معنی‌داری در خصوصیات روغن (افزایش شاخص اسیدیته) و نشاسته (افزایش شاخص کربوکسیل) دانه ذرت نسبت به نمونه شاهد شده است. همچنین شرایط مختلف ازن‌دهی تا غلظت ۵۰ ppm در زمان‌های مختلف تاثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه ذرت نداشت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲	
کلمات کلیدی: ازن‌دهی، دانه ذرت، ویژگی‌های کیفی و میکروبی.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.135.11 DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.2.8	
* مسئول مکاتبات: jmoahmadzadeh@yahoo.com	

۱- مقدمه

ذرت پس از گندم، بیشترین اراضی کشاورزی جهان را به خود اختصاص داده و به واسطه ترکیبات با ارزش غذایی نسبتاً زیاد در جیره غذایی انسان، دام، طیور و آبزیان مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. یکی از روش های کم خطر برای افزایش ماندگاری دانه ذرت استفاده از گاز ازن (به جای استفاده از ترکیباتی مانند متیل بروماید)، در مخازن و سیلوهای ذخیره سازی ذرت به خصوص در صنایع خوراک دام و طیور می باشد [۲ و ۳]. دانه های ذرت معمولاً با انواع اسپورهای قارچ ها در مزرعه آلوده می شوند. تاخیر در زمان برداشت و یا شرایط نامناسب خشک کردن دانه به خصوص در مناطق با رطوبت بالا شرایط محیطی مناسبی را جهت رشد قارچ ها و گسترش سم های قارچی ایجاد می کند و می تواند سبب خسارت های کمی و کیفی به دانه و سلامت آنها برای مصرف گردد. دما و رطوبت بالاتر طی دوره نگهداری ذرت از عوامل اصلی رشد قارچ هایی مانند آسپرژیلوس، فوزاریوم و پنی سلیم بوده که منجر به تولید سم های قارچی مانند آفلاتوکسین^۱، فومونیسین^۲، دی اکسی نیوالنول^۳ و زیرالونول^۴ می شوند. لذا سلامت دانه ذرت در طی انبارداری از اهمیت خاصی برخوردار است [۳]. گاز ازن یک اکسیدکننده بسیار قوی می باشد که با حمله به دیواره سلولی و غشاهای مخاطی میکروارگانیسم ها باعث مرگ آنها شده به طوری که قادر است حتی لاشه میکروارگانیسم ها را متلاشی کند و روی تمام میکروارگانیسم ها مثل اسپورها و پاتوژن های قارچی، باکتری ها، کپک و مخمرها، ویروس ها و انگل ها تاثیر گذار است. ازن در سال های اخیر به عنوان یک جایگزین مناسب برای ضد عفونی کننده های متداول در زمینه های نگهداری و انبارداری محصولات کشاورزی، شستشوی محصولات کشاورزی، از بین بردن آفات و بیماری های مزرعه ای، ضد عفونی محصولات غذایی و آب مصرفی در فرآیندهای صنایع غذایی مورد استفاده

قرار می گیرد [۴]. ازن یا اکسیژن فعال مواد خطرناک از جمله سموم قارچی، ویروس ها، مخمرها و جلبک ها را در سطح مولکولی (با حمله به ساختار حلقوی سم و باز شدن آن) را از بین می برد. علی رغم تاثیر ازن بر غیر فعال سازی قارچ ها گزارش شده در بعضی موارد به خصوص در غلظت های نامناسب، ازن می تواند سبب پیشرفت و تسريع اکسیداسیون و یا تجزیه شیمیایی ترکیبات موجود در دانه ذرت گردد. تغییراتی از قبیل اکسیداسیون نشاسته، چربی، تغییر در میزان پروتئین، بی رنگی و افت قدرت جوانه زنی (قوه نامیه) در استفاده بیش از حد ازن می تواند در دانه صورت گیرد [۲ و ۵]. در بررسی تاثیر ازن بر جلوگیری از تولید سم قارچی دی اکسی نیوالنول گزارش شد گاز ازن به طور معنی داری در غیر فعال کردن قارچ فوزاریوم موثر بوده و سبب کاهش آلودگی به دی اکسی نیوالنول در غلظت ۶۰۰ میلی مول بر مول گاز ازن در زمان ۱۸۰ دقیقه شده است. استفاده از این غلظت می تواند ۱۲/۵ درصد قدرت جوانه زنی گندم را کاهش دهد، اما تاثیر معنی داری بر ارزش غذایی و خواص کیفی غله مورد بررسی (گندم) نداشته است [۶]. در بررسی دیگری تاثیر گاز ازن برای جلوگیری از رشد فوزاریوم و تولید فومانزین در دانه ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده تاثیر گاز ازن بر نمونه های آلوده در غلظت های ۱۰۰ و ۲۰۰ ppm در مدت زمان ۶۰ و ۳۰ دقیقه به خوبی رویش اسپورها را مهار کرده است [۷]. امروزه استفاده از غلظت های مناسب ازن دارای اهمیت است زیرا ممکن است با افزایش غلظت گاز و زمان از ندهی در برخی خواص فیزیکی شیمیایی و کیفی دانه ذرت تغییر ایجاد شود. لذا در این تحقیق به بررسی تاثیر گاز ازن با رویکرد غلظت و زمان از ندهی مناسب بر خصوصیات کیفی و میکروبی ذرت پرداخته شده است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه نمونه ذرت

1. Aflatoxin
2. Fumonisin
3. Deoxynivalenol
4. Zearalenon

۲-۳-۳- تعیین تغییرات کیفی

۲-۳-۴- شاخص اسیدی

چربی از ۱۰ گرم نمونه آرد شده دانه ذرت توسط دستگاه سوکسله و حلال هگزان استخراج شد. چربی استخراج شده را در حضور فنل فتالین تا حصول رنگ صورتی با محلول پتاس ۰/۱ نرمال تیترو و عدد اسیدی با توجه به میزان پتاس مصرفی بر حسب درصد بیان گردید [۱۰].

۲-۳-۵- مقدار کربوکسیل نشاسته

جداسازی نشاسته بر اساس روش واینر و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد. نشاسته به دست آمده در آون با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت خشک و جهت اندازه گیری میزان کربوکسیل مورد استفاده قرار گرفت. مقدار کربوکسیل نشاسته جدا شده بر اساس روش چاتوپادهای و همکاران (۱۹۹۷) و تیتراسیون در مقابل سود ۰/۱ نرمال در مقابل شاهد اندازه گیری شد [۱۱ و ۱۲].

۲-۳-۶- مقدار پروتئین

مقدار ازت دانه با استفاده از دستگاه میکروکلدال تمام اتوماتیک اندازه گیری شد. سپس با استفاده از میزان ازت محاسبه شده و ضریب تبدیل میزان پروتئین نمونه ها محاسبه گردید [۱۰].

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

داده های حاصل از آزمایش ها با استفاده از آزمایش فاکتوریل، با دو تیمار غلظت و زمان ازن دهی در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. میانگین اثرات اصلی و متقابل از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر ازن بر میزان قارچ ها در دانه ذرت

جدول ۱ اثر متقابل شرایط مختلف ازن دهی را بر میزان آلودگی قارچی دانه ذرت نشان می دهد. تجزیه آماری نتایج بیانگر تاثیر معنی دار عامل های غلظت، زمان ازن دهی و اثر متقابل آنها بوده است ($P < 0.05$).

نمونه ذرت مورد بررسی یکی از ارقام غالب منطقه گلستان (رقم سینگل کراس ۴۰۷) بود که با مدیریت زراعی مناسب در ایستگاه تحقیقاتی گرگان کشت گردید. نمونه ها در اواخر مهرماه برداشت و پس از جداسازی ناخالصی ها تا رطوبت ۸ درصد خشک شدند.

۲-۲- روش ازن دهی

ازن به طور الکتروستاتیکی به وسیله یک ازن ژنراتور تولید شد. ازن دهی ذرت در ظروف استوانه ای شکل پلی اتیلنی به ظرفیت ۱۰ کیلوگرم و مجهز به درپوش کامل لاستیکی و لوله های ورودی و خروجی گاز انجام گرفت. هنگامی که غلظت گاز محفظه به میزان مورد نظر رسید با مهر و موم کردن محفظه دمش قطع شد و تزریق گاز تا ثبات غلظت ازن خروجی ادامه داشت. ازن دهی با دو متغیر اصلی غلظت ازن (۲۵، ۵۰ و ۷۵ ppm) و مدت زمان ازن دهی (۱، ۳، ۵ و ۷ روز) با بررسی تغییرات خصوصیات کیفی و میکروبی ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش های نمونه شاهد در شرایط مشابه بدون تزریق گاز ازن نیز انجام شد.

۲-۳- آزمون ها

۲-۳-۱- تعیین میزان آلودگی قارچی

۵۰ گرم نمونه با ۴۵۰ میلی لیتر بافر فسفات استریل برای مدت ۲ دقیقه در شیکر مخلوط و سپس با انتقال ۱ میلی لیتر از نمونه به ۹ میلی لیتر محلول استریل بافر فسفات رقت های ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ تهیه شد. از هر رقت با استفاده از کشت سطحی^۶ به محیط کشت PDA^۷ (مرک، آلمان) منتقل شد. نمونه ها در اینکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۵ روز نگهداری و در پایان این مدت میزان آلودگی دانه ها به صورت کلنی واحد در گرم (cfu/g) گزارش شد [۸].

۲-۳-۲- تعیین میزان سم قارچی

برای تشخیص و تعیین میزان آفلاتوکسین نمونه ها (بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم) از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و خالص سازی با ستون ایمونوآفیتی استفاده شد [۹].

5. Spread-plate

6. Potato Dextrose Agar

Table 1 Effect of ozonation time and concentration on the fungi content of corn seed ($\text{cfu/g} \times 10^3$)

Ozone concentration(ppm)	Ozonation time (day)			
	1	3	5	7
25	2.3 ± 0.46^e	1.6 ± 5.5^d	0.9 ± 0.26^c	0.6 ± 0.21^c
50	0.25 ± 0.07^b	0.19 ± 0.06^{ab}	0.13 ± 0.08^a	0.12 ± 0.05^a
75	0.12 ± 0.03^a	0.11 ± 0.05^a	0.10 ± 0.04^a	0.10 ± 0.03^a
(Control)	3.4 ± 0.4^f			

*Numbers with different letters indicate significant differences in the 5% level of probability.

نتایج اثر عامل اصلی غلظت ازن صرف نظر از زمان ازن دهی نشان داد با افزایش غلظت ازن به طور معنی داری از رشد قارچ ها کاسته شده است اما آزمون مقایسه میانگین ها حاکی از آن بود که بین غلظت های ۵۰ و ۷۵ ppm اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P < 0.05$). نتایج حاصل از تحلیل آماری در غلظت ۲۵ ppm در زمان های مختلف ازن دهی کاهش رشد قارچ ها را نشان داد به طوری که میزان آنها از ۲/۳ (کلنی واحد در گرم $\times 10^3$) در ۱ روز ازن دهی به ۰/۶ (کلنی واحد در گرم $\times 10^3$) در ۷ روز ازن دهی کاهش یافته است. در غلظت ۵۰ ppm نیز با افزایش زمان ازن دهی گسترش قارچ ها کاهش یافته است ($P < 0.05$). در غلظت ۷۵ ppm نیز کاهش رشد قارچ ها در زمان های ۱ تا ۷ روز معنی دار نبود (شکل ۲). لذا می توان نتیجه گرفت استفاده از غلظت ۵۰ ppm به مدت ۳ روز شرایط مناسب به جهت کاهش رشد قارچ ها در دانه ذرت بوده است به طوری که در این شرایط میزان قارچ ها از ۳/۴ (کلنی واحد در گرم $\times 10^3$) در نمونه شاهد به ۰/۱۹ (کلنی واحد در گرم $\times 10^3$) محدود شده است. مایسون و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر ازن بر کنترل آفات و سم های قارچی گزارش کردند غلظت های پایین ازن به طور معنی داری در غیر فعال کردن قارچ فوزاریوم موثر بوده است و بیان داشتند غلظت ۲۵ ppm مانع رشد سطحی، اسپورزایی و تولید سم قارچی توسط قارچ فوزاریوم شده است [۱۳]. مایلونا و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تاثیر گاز ازن برای مهار رشد فوزاریوم و تولید فومانزین در دانه ذرت نشان دادند مجاورت گاز ازن با نمونه های آلوده در غلظت های ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی گرم بر کیلو- گرم به خوبی رویش اسپورها را مهار کرده و سبب کاهش آلودگی قارچی تا سطح ۹۴ درصد شده است که با نتایج این تحقیق هم راستا است [۷].

نتایج اثر عامل زمان ازن دهی صرف نظر غلظت ازن نشان داد در زمان های ۳، ۵ و ۷ روز با افزایش غلظت ازن از ۲۵ به ۵۰ ppm گسترش قارچ ها کاهش معنی داری داشته در حالی که در تمامی زمان های مذکور افزایش غلظت بالای ۵۰ ppm تاثیری نداشت (شکل ۱).

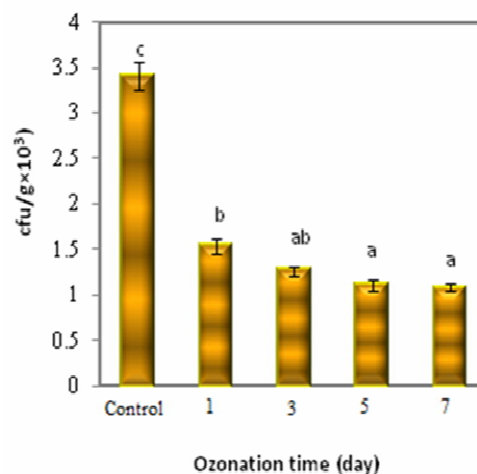


Fig 1 Ozonation time effect on the growth of fungi ($P < 0.05$).

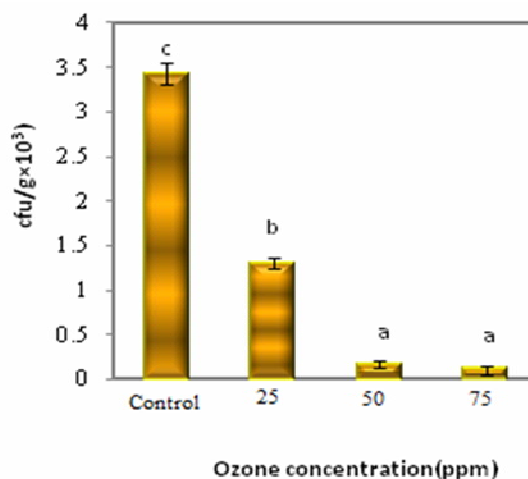


Fig 2 Ozonation concentration effect on the growth of fungi ($P < 0.05$).

۲-۳- تاثیر ازن بر میزان سم قارچی آفلاتوکسین در دانه ذرت

نتایج بیانگر تاثیر معنی دار عامل های غلظت، زمان ازن دهی و اثر متقابل آنها بر میزان آفلاتوکسین ها در دانه ذرت بوده است ($P < 0.05$).

جدول ۲ اثر متقابل شرایط مختلف ازن دهی بر میزان آفلاتوکسین ها را در دانه ذرت نشان می دهد. تجزیه آماری

Table 2 Effect of ozonation time and concentration on the aflatoxin content of corn seed (ug/Kg)

Ozone concentration(ppm)	Ozonation time (day)			
	1	3	5	7
25	9.24±0.56 ^d	5.15±0.41 ^c	3.74±0.6 ^b	2.63±0.52 ^a
50	2.14±0.33 ^a	ND	ND	ND
75	ND	ND	ND	ND
(Control)	19.15±0.53 ^e			

*Numbers with different letters indicate significant differences in the 5% level of probability.

ND : Non-detectable

می توان نتیجه گرفت استفاده از غلظت ۵۰ ppm به مدت ۳ روز شرایط مناسب به لحاظ کنترل گسترش آفلاتوکسین ها در دانه ذرت بوده است که در این شرایط میزان آفلاتوکسین ها غیر قابل اندازه گیری بود.

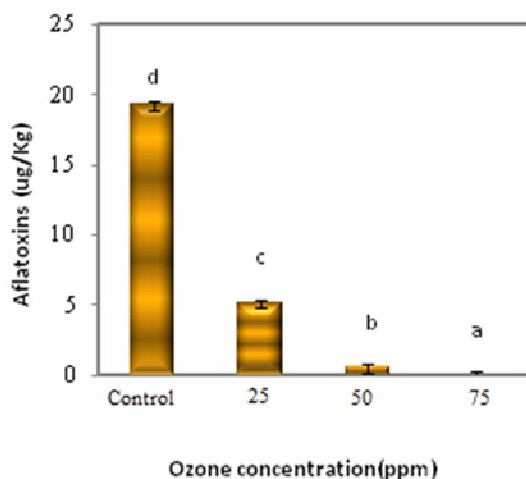


Fig 4 Ozonation concentration effect on the Aflatoxins ($P < 0.05$).

تغییر در غلظت و زمان ازن زنی به نوع دانه و ساختار آن بستگی دارد. ذرت ساختار پریکارپ و آندوسپرم متخلخل تری نسبت به سایر غلات داشته و گاز ازن راحت تر می تواند نفوذ کند. ازن یک اکسیدکننده قوی ماست که به صورت عرضی با باندهای دوگانه ۸-۹ حلقه فوران آفلاتوکسین ها اتصال برقرار می کند و به صورت الکتروفیلیک جذب حلقه فوران می شود و قادر است در مدت چند دقیقه آفلاتوکسین ها را به طور کامل تجزیه کند [۱۴]. نتایج تحقیق پروکتور و همکاران (۲۰۰۴)

مقایسه میانگین ها نشان داد روند کاهشی تولید آفلاتوکسین بین زمان های ۳، ۵ و ۷ روز از نظر آماری معنی داری نیست (شکل ۳).

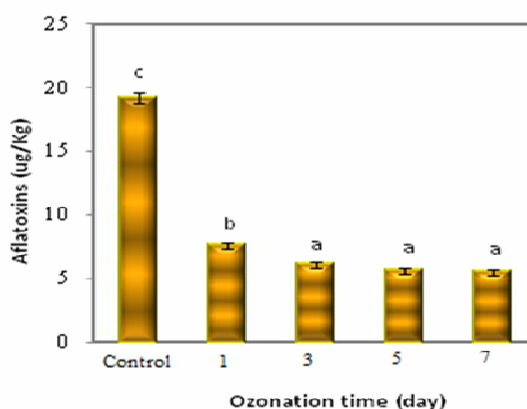


Fig 3 Ozonation time effect on the Aflatoxins ($P < 0.05$).

نتایج حاکی از آن است تزریق گاز ازن به طور معنی داری سبب کاهش تولید آفلاتوکسین ها نسبت به نمونه شاهد شده است. افزایش غلظت از ۲۵ تا ۷۵ ppm نیز سبب کاهش معنی دار آفلاتوکسین ها شده به طوری که میزان آن از ۵/۱۱ میکروگرم در کیلوگرم در غلظت ۲۵ ppm گاز ازن به غیر قابل اندازه گیری در غلظت ۷۵ ppm رسیده است (شکل ۴).

آزمون مقایسه میانگین ها نشان داد در غلظت ۵۰ ppm با افزایش زمان ازن دهی میزان آفلاتوکسین ها تغییر معنی داری نداشت. ($P < 0.05$). به عبارت دیگر تاثیر عامل غلظت ازن نسبت به زمان ازن دهی از اهمیت بیشتری برخوردار است. لذا

۳-۳- تاثیر ازن بر میزان تندی روغن دانه ذرت

نتایج بیانگر تاثیر معنی دار اثرات عامل های اصلی غلظت، اثر متقابل غلظت و زمان دهی و با شدت کمتر اثر عامل زمان دهی بر میزان تندی روغن دانه ذرت بوده است ($P < 0.05$).

Table 3 Effect of ozonation time and concentration on the acidity Value of corn seed (%)

Ozone concentration(ppm)	Ozonation time (day)			
	1	3	5	7
25	0.46±0.04 ^a	0.46±0.03 ^a	0.47±0.03 ^a	0.48±0.04 ^a
50	0.49±0.05 ^a	0.49±0.04 ^a	0.53±0.05 ^{ab}	0.56±0.02 ^b
75	0.54±0.04 ^b	0.63±0.02 ^c	0.7±0.03 ^d	0.83±0.03 ^e
(Control)	0.46±0.05 ^a			

*Numbers with different letters indicate significant differences in the 5% level of probability.

بالاتر سبب خسارت اکسیداسیون در دانه ها شده که تاییدی بر نتایج این تحقیق می باشد [۱۶].

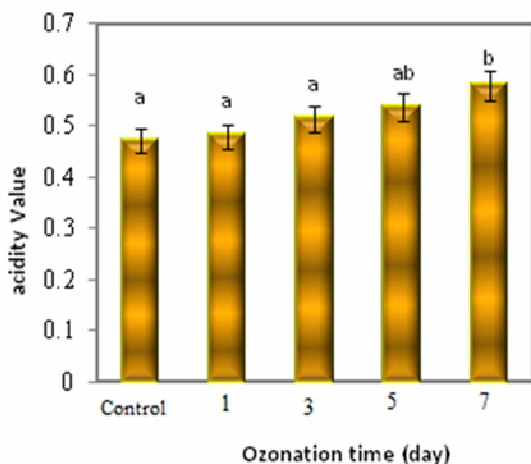


Fig 5 ozonation time effect on the acidity value ($P < 0.05$).

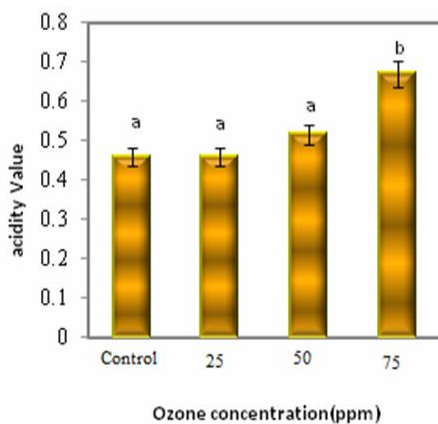


Fig 6 ozonation concentration effect on the acidity value ($P < 0.05$).

نیز تخریب آفلاتوکسین های مغز بادام زمینی قرار گرفته در معرض گاز ازن (تخریب ۸۷ درصد آفلاتوکسین B1 و ۹۰ درصد آفلاتوکسین G1) را نشان داد که تاییدی بر نتایج این تحقیق می باشد [۱۵].

اثر عامل غلظت ازن بر اسیدیته روغن دانه ذرت حاکی از آن بود با افزایش غلظت ازن از صفر تا ۷۵ ppm میزان اسیدیته افزایش یافته است. نتایج آزمون مقایسه میانگین ها نشان داد این افزایش تا غلظت ۵۰ ppm معنی داری نبوده و از آن غلظت به بالا تغییرات با افزایش زمان ازن دهی اسیدیته در ذرت به طور معنی داری نسب به نمونه شاهد افزایش داشته است. آزمون مقایسه میانگین ها نشان داد بین زمان های ازن دهی از ۱ تا ۷ روز این افزایش تا زمان ۳ روز معنی دار نبوده اما این افزایش در زمان ۷ روز معنی دار است (شکل ۵). در غلظت ۲۵ گاز ازن در تمامی زمان های ازن دهی اثر ازن بر افزایش اسیدیته معنی دار نبود. در غلظت ۵۰ ppm نیز با افزایش زمان ازن دهی میزان اسیدیته تا زمان ۳ روز تغییر چشم گیری نداشته ($P < 0.05$) و فقط در زمان های ۵ و ۷ روز ازن دهی افزایش معنی دار بود (شکل ۶). لذا می توان بیان کرد استفاده از غلظت ازن تا ۵۰ ppm و زمان ازن دهی تا ۳ روز به لحاظ کنترل تند شدن روغن در دانه ذرت قابل پیشنهاد است. اکسیداسیون روغن ممکن است در اثر اکسید شدن اسیدهای چرب غیر اشباع روغن دانه توسط گاز ازن رخ دهد. گاز ازن می تواند با ترکیبات شیمیایی موجود در دانه واکنش نشان دهد و بسته به غلظت و مدت زمان ازن دهی سبب تغییرات اکسیداتیو در دانه گردد [۶]. به طور مشابه پرودنت و کینگ (۲۰۰۲) نیز تغییر معنی داری را در پروفایل اسیدهای چرب ذرت و پایداری اکسیداتیو آن مشاهده نکردند [۱۵].

ونگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند غلظت های پایین گاز ازن اثری بر اکسیداسیون روغن ذرت ندارد، اما غلظت های

۳-۴-تاثیر ازن بر تغییرات نشاسته ذرت

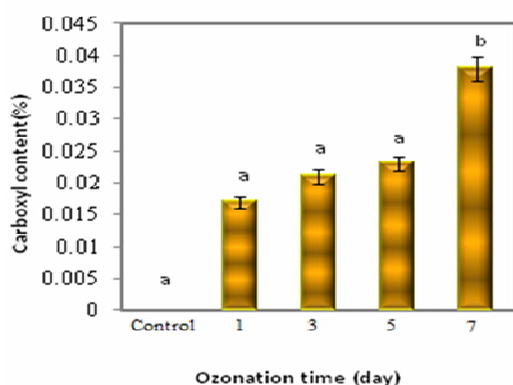
جدول ۴ اثر متقابل شرایط مختلف ازن‌دهی بر میزان تشکیل کربوکسیل در نشاسته دانه ذرت را نشان می‌دهد. تجزیه آماری

Table 4 Effect of ozonation time and concentration on the Carboxyl content of corn seed (%).

Ozonation time (day)				Ozone concentration(ppm)
7	5	3	1	
0	0	0	0	25
0.058±0.01 ^a	0	0	0	50
0.091±0.017 ^c	0.082±0.025 ^b	0.079±0.024 ^b	0.061±0.015 ^a	75
0				(Control)

*Numbers with different letters indicate significant differences in the 5% level of probability.

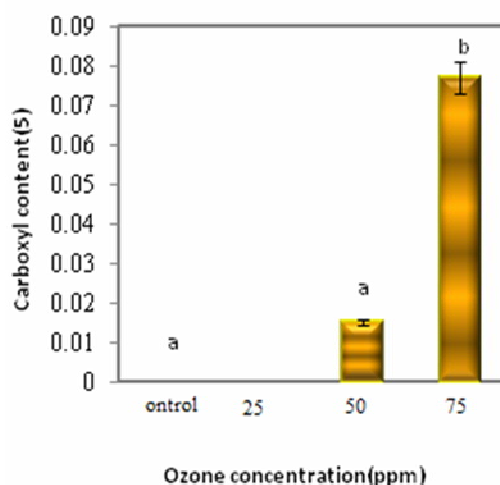
غلظت ۲۵ ppm در تمامی زمان‌های ازن‌دهی اثری بر میزان کربوکسیل نداشته و مقدار آن صفر است. در غلظت ۵۰ ppm نیز با افزایش زمان ازن‌دهی تا زمان ۵ روز کربوکسیلی تشکیل نشد و مقدار آن صفر است.

**Fig 8** Ozonation concentration effect on the Carboxyl content ($P<0.05$).

در غلظت ۷۵ ppm تا زمان ۱ روز تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده نگردید و فقط در زمان‌های ۳، ۵ و ۷ روز افزایش معنی‌دار بود ($P<0.05$).

به عبارت دیگر تاثیر عامل غلظت‌های بالای ازن و زمان‌های ازن‌دهی بالا سبب تغییر اکسیداتیو نشاسته گردیده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت استفاده از ازن در غلظت ۲۵ ppm تمامی زمان‌ها و غلظت ۵۰ ppm تا زمان ۵ روز و غلظت ۷۵ ppm تا زمان ۱ روز ازن‌دهی به لحاظ عدم تشکیل گروه‌های کربوکسیل در نشاسته دانه ذرت قابل اعمال است. پس از قرار گرفتن در معرض طولانی مدت ازن، گاز ممکن است به نشاسته دانه نفوذ کرده و باعث اکسیداسیون آن شود. از آنجا که دانه ذرت دارای مقدار نسبتاً بالای نشاسته است

آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد اگرچه از روز ۱ ازن‌دهی کربوکسیل تشکیل گردیده اما افزایش و تغییرات آن در زمان‌های مختلف تا روز ۵ نسبت به شاهد معنی‌دار نبوده است (شکل ۷).

**Fig 7** Ozonation time effect on the Carboxyl content ($P<0.05$).

با افزایش غلظت ازن از صفر تا ۵۰ ppm میزان کربوکسیل تغییر معنی‌داری نداشته است ($P<0.05$). نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد گاز ازن در غلظت ۷۵ ppm به‌طور معنی‌داری سبب تشکیل کربوکسیل نسبت به نمونه شاهد شده است به طوری‌که میزان آن به ۰/۰۷۸ درصد رسیده است (شکل ۸). لازم به ذکر است افزایش زمان ازن‌دهی تاثیر معنی‌داری بر میزان کربوکسیل تا روز ۵ ازن‌دهی نداشت ($P<0.05$). نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد غلظت‌های بالاتر از غلظت ۵۰ ppm به همراه زمان‌های بالاتر از ۵ روز می‌تواند سبب تغییرات اکسیداتیو نشاسته در دانه ذرت گردد.

۰/۰۷۹ و ۰/۱۹۸ تا ۰/۵۲۳ درصد گزارش کردند که تاییدی در راستای نتایج این تحقیق است [۸].

۳-۵- تاثیر ازن بر میزان پروتئین دانه ذرت

اثر متقابل شرایط مختلف ازن دهی بر میزان تغییرات پروتئین دانه ذرت در شرایط مختلف ازن دهی نسبت به نمونه شاهد در جدول ۵ آمده است. همانطور که مشاهده می گردد تغییرات پروتئین در دامنه ۱۰/۴۱ تا ۹/۲۴ درصد در شرایط مختلف ازن دهی بوده است ($P < 0.05$).

Table 5 Effect of ozonation time and concentration on the Protein content of corn seed (%).

Ozonation time (day)				Ozone concentration(ppm)
7	5	3	1	
10.40±0.29 ^a	10.39±0.4 ^a	10.41±0.35 ^a	10.40±0.21 ^a	25
10.36±0.31 ^a	10.35±0.40 ^a	10.37±0.56 ^a	10.38±0.36 ^a	50
9.24±0.31 ^c	9.63±0.51 ^b	10.20±0.44 ^a	10.31±0.38 ^a	75
10.44±0.30 ^a				(Control)

*Numbers with different letters indicate significant differences in the 5% level of probability.

۹/۸۶ درصد رسیده است و در مقایسه با شاهد ۰/۵۶ درصد کاهش یافته است (شکل ۱۰).

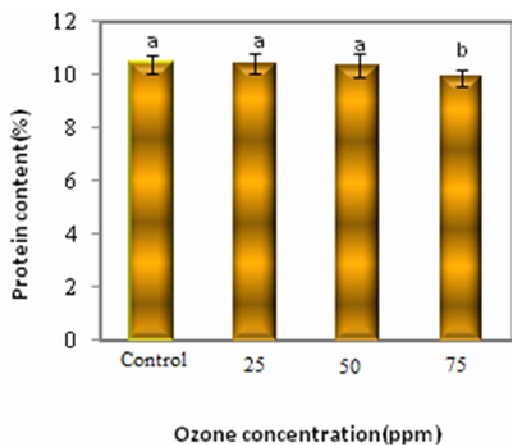


Fig10 Ozonation concentration effect on the Protein content ($P < 0.05$).

پروتئین ها به عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده غالب در ذرت، توسط رادیکال های آزاد اکسیژن می تواند مورد حمله قرار می گیرند و غلظت های بالای ازن موجب افزایش میزان تجزیه پروتئین ها می شوند [۱۸]. وانگ و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند در غلظت های پایین گاز ازن (کمتر از ۵۰ ppm) بین میزان پروتئین در نمونه های ازن دهی شده در مقایسه با ذرت شاهد وجود ندارد که با نتایج این تحقیق هم راستا می باشد [۱۷].

اکسیداسیون این قسمت دانه یک عارضه جانبی احتمالی گاز ازن است که سبب کاهش کیفیت دانه می شود [۶]. نتایج وانیر و همکاران (۲۰۱۲)، تغییر معنی داری را در تبلور نشاسته در شرایط مختلف ازن دهی نشان نداد و تغییرات کربوکسیل نیز چشم گیر نبود [۱۱]. ساوی و همکاران (۲۰۱۴) نیز تغییرات مقدار کربوکسیل و کربونیل نشاسته دانه گندم را پس از اعمال ۶۰ تا ۱۲۰ میکرومول بر مول ازن به ترتیب در دامنه ۰ تا

نتایج بررسی عامل زمان ازن دهی نیز نشان داد با افزایش زمان ازن دهی تغییرات میزان پروتئین نسبت به شاهد معنی دار نبوده است ($P < 0.05$). آزمون مقایسه میانگین ها نشان داد بین زمان های ازن دهی از ۱ تا ۷ روز نیز اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۹).

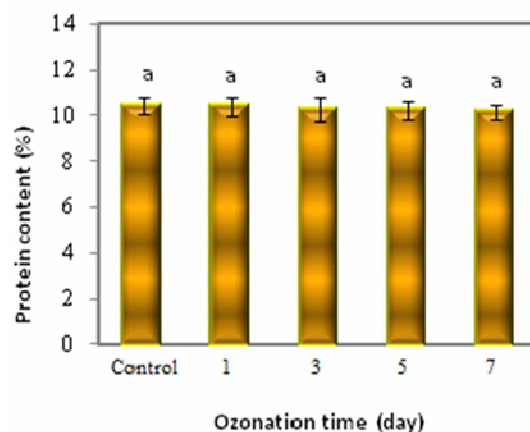


Fig 9 Ozonation time effect on the Protein content ($P < 0.05$).

بررسی روند تغییرات پروتئین متأثر از عامل غلظت ازن به تنهایی نشان داد با افزایش غلظت ازن از صفر تا ۷۵ ppm تغییرات پروتئین اندک است. آزمون مقایسه میانگین ها نشان داد تغییرات میزان پروتئین تا غلظت ۵۰ ppm نسبت به نمونه شاهد معنی دار نبوده و در غلظت ۷۵ ppm میزان پروتئین به

- [7] Mylona, K., Kogkaki, E., Sulyok, M., and Magan, N. 2016. Efficacy of gaseous ozone treatment on spore ermination, growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides* in vitro and in situ in maize. *Journal of Stored Products Research*. 59: 178-184.
- [8] Savi, G.D., and Scussel, V. M. 2014. Effects of ozone gas exposure on toxigenic fungi species from *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* genera. *Ozone Science & Engineering*, 3: 312-319.
- [9] AACC, 2005. AACC Approved Methods AACC, American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, Minnesota, USA.
- [10] AOAC, 2005. Official methods of analysis. 17 th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA. USA.
- [11] Vanier, N. L., Zavareze, E. R., Pinto, V. Z., Klein, B., Botelho, F. T., Dias, A. R. G., and Elias, M. C. 2016. Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidised by different concentrations of sodium hypochlorite. *Food Chemistry*. 131: 1255-1262.
- [12] Chattopadhyay, S., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R. 1997. Optimization of conditions of synthesis of oxidized starch from corn and amaranth for use in film-forming applications. *Carbohydrate. Polymers*. 34: 203-212.
- [13] Mason, L. J., Woloshuk, C. P., Mendoza, F., and Kells, S. A. 2005. Ozone: A new control strategy for stored grain. 9th International Working Conference on Stored Product Protection. PS7:33 – 6314.
- [14] Luo X, Wang R, Wang L, Li Y, Bian Y, and Chen Z. 2014. Effect of ozone treatment on aflatoxin B1 and safety evaluation of ozonized corn. *Food Control*. 37:171-176.
- [15] Proctor, A. D., Ahmedna, M., Kumar, J. V., and Goktepe, I. 2004. Degradation of aflatoxins in peanut kernels/flour by gaseous ozonation and mild heat treatment. *Food Additives and Contaminants*. 21(8): 786-793.
- [16] Prudente., A. D., and King, J. M. 2012. Efficacy and safety evaluation of ozonation to degrade aflatoxin in corn. *Journal of Food Science*. 67(8): 2866–2872.
- [17] Wang. L., Luo, Y., Wang, R., and Li, Y. 2018. Effect of deoxynivalenol detoxification by ozone treatment in wheat grains. *Food Control*. 66: 137-144.
- [18] Guzel-Seydim, Z. B., Greene, A. K., Seydim, A. C., 2004. Use of ozone in the food industry. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 37 (4): 453–460.

۴- نتیجه گیری

گاز ازن در غلظت‌های بالا می‌تواند سبب اکسیداسیون و یا تجزیه ترکیبات شیمیایی موجود در دانه ذرت شود. بر اساس نتایج این تحقیق گاز ازن به‌طور موثری در مهار گسترش قارچ‌ها و سم‌های قارچی در دانه ذرت موثر است و در غلظت و زمان بهینه تغییر معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه ذرت حاصل نشده است.

۵- قدردانی

این پژوهش با همکاری و مساعدت‌های مالی دانشگاه علوم پزشکی استان گلستان واحد مرکز تحقیقات سلامت غلات و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان انجام شده که بدین وسیله نویسندگان مراتب قدردانی و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

۶- منابع

- [1] Luo X, Wang R, Wang L, Li Y, Bian Y, and Chen Z. 2014. Effect of ozone treatment on aflatoxin B1 and safety evaluation of ozonized corn. *Food Control*. 37:171-176.
- [2] Tiwari, B. K., Brennan, C. S., Curran, T., Gallagher, E., Cullen, P. J., and O'Donnell, C. P. 2010. Application of ozone in grain processing. *Journal Cereal Science*. 51: 248-255.
- [3] Vikash Chandra, V. 2018. Applications and Investigations of Ozone in Cereal Grain Storage and Processing: Benefits and Potential Draw backs. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Special Issue.7: 5034-5041.
- [4] László1, Z. Hovorka, S. Beszédes1, S. Kertész1, C. Hodúr1, E. 2007. Comparison of the effects of ozone, UV and combined ozone/UV treatment on the colour and microbial counts of wheat flour. IOA Conference and Exhibition Valencia, Spain – October, 29 – 31.
- [5] Prudente., A. D., and King, J. M. 2002. Efficacy and safety evaluation of ozonation to degrade aflatoxin in corn. *Journal of Food Science*. 67(8): 2866–2872.
- [6] Savi, G. D., Piacentini, K. C., Bittencourt, K. O., and Scussel, V. S. 2018. Ozone treatment efficiency on *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum aestivum* L.) quality and germination. *Journal of Stored Products Research*. 59 : 245-253.



Evaluating the effect of ozone gas on the qualitative and microbial characteristics of corn seeds

Mohammadzadeh, J.¹, Zanganeh, J.^{2*}

1. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Gorgan, Iran
2. Executive Director of the Research Center for Medicinal and Natural Food Products, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received 2023/ 01/ 08 Accepted 2023/ 03/ 13 Keywords: Corn, Ozonation, Qualitative and microbial characteristics. DOI: 10.22034/FSCT.19.135.11 DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.2.8 *Corresponding Author E-Mail: jmohamadzadeh@yahoo.com	Corn production rank is second among cereals after wheat crop, and usually, a large part of it is not used immediately after harvesting, but is kept in storage for gradual use in other seasons or exported to other regions. The spread of different types of fungi and the production of fungal toxins, especially in areas with high humidity, in addition to quantitative and qualitative damage to stored products, cause an increase in waste and endanger the health of society. To replace the low-risk methods of increasing the storage life, in this research, the effect of ozone gas with two variables of ozone concentration; (25, 50 and 75 ppm) in the duration of ozonation (1, 3, 5 and 7 days) on the dominant corn grain (Single cross number 407) in Golestan region, was evaluated. The microbial characteristics were compared with the control sample in terms of controlling the spread of fungi and changes in the seed qualitative aspects. The results showed that increasing the ozone concentration up to 50 ppm and the ozonation time of 3 days had a significant effect on reducing the growth of fungi and the production of aflatoxin ($P < 0.05$). Also, the results indicated that the use of 75 ppm concentration in 1, 3, 5, and 7 days had caused significant oxidative changes in the characteristics of fat (increased acidity indices) and starch (increased carboxyl index) of corn kernels compared to the control sample. Different conditions of ozonation up to the concentration of 50 ppm at varying times did not have a significant effect on the amount of corn seed protein ($P < 0.05$).