

۱- مقدمه

گندم گیاهی تک‌لپه، خودگشن، یک‌ساله و معمولاً روز بلند و از خانواده گندمیان است که یک سوم از کل محصولات دانه‌ای را تشکیل می‌دهد [۱-۳]. جایگاه گندم در تغذیه انسان به کیفیت نان حاصل از آن وابسته می‌باشد [۲]. به طور کلی، تمام مواد موجود در محصول، به غیر از دانه‌های سالم، یک‌دست و یکنواخت را افت می‌نامند که به دو دسته مفید و غیرمفید تقسیم می‌شود. هکتولتر نشان‌دهنده رابطه‌ی حجم با وزن است و در تجارت بین‌المللی غلات، یکی از شاخص‌های مؤثر در قیمت‌گذاری و ارزیابی راندمان آسیاب گندم می‌باشد. وزن دانه برحسب وزن هزاردانه بیان می‌شود و تابعی از اندازه و دانسیته‌ی دانه است [۱، ۴ و ۵]. فعل و انفعالات شیمیایی و یا فعالیت میکروارگانیسم‌ها در آرد، موجب هیدولیز چربی‌های موجود در آرد و تولید اسیدهای چرب و ایجاد طعم و بوی نامطبوع در آرد می‌گردد. تعیین میزان اسیدپته از نظر فساد و یا قابلیت مصرف آرد مهم و حائز اهمیت است. تعیین pH یکی دیگر از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت و شرایط نگهداری گندم قبل از آرد شدن می‌باشد. خاکستر فاکتور مهم دیگری در تعیین کیفیت نان محسوب می‌شود. هر چه میزان خاکستر بیشتر باشد، فرآیند استخراج آرد گندم بیشتر بوده و رنگ نان تیره‌تر می‌شود [۵]. مهمترین آفات انباری گندم شامل گونه‌های بید غلات^۱، لمبه گندم^۲، شپشه گندم^۳، تریبالیوم^۴، رایزوپیرتا^۵ است که آلودگی گندم به هر یک از این عوامل، پس از مدت کوتاهی منجر به خسارات بسیار زیادی می‌شود [۱ و ۶]. امروزه از سموم شیمیایی به علت باقی مانده‌ای که در مواد غذایی می‌گذارند، کمتر استفاده می‌شود. از این رو در چند سال اخیر، استفاده از گازهایی نظیر دی‌اکسیدکربن^۶، ازت^۷ و ازن^۸ که باقیمانده‌ای در مواد غذایی ایجاد نمی‌کنند، متداول شده است. این گازها مراحل رشد و تکامل حشرات را مختل می‌نمایند. هوای اتمسفر را می‌توان با اختلاط گازهای مخلف مانند ازت، دی‌اکسیدکربن و همچنین اختلاط نسبت کم اکسیژن تغییر داد [۷]. داولین و همکاران (۲۰۰۶) طراحی،

ساخت و ارزیابی سیلوهای بزرگ حاوی دی‌اکسیدکربن را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که فشار گاز دی‌اکسیدکربن ظرف ۱۲ دقیقه از ۵۰۰ به ۲۵۰ پاسکال درون سیلو کاهش یافت. همچنین مقادیر میکروارگانیسم‌ها و آفات تحت تأثیر گاز به میزان چشمگیری کاهش یافتند [۸]. آدلر (۱۹۹۸) استفاده از حرارت همراه با دی‌اکسیدکربن را به عنوان روشی سریع برای جایگزینی با متیل بروماید^۹ معرفی نمود. وی با اتمسفر حاوی ۶۵ درصد دی‌اکسیدکربن، آفات را در دمای ۱۰، ۳۶ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در مدت ۴۶، ۷ و ۲ روز کنترل نمود [۹]. والورا و همکاران (۲۰۱۱) اثرات گاز نیتروژن را روی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گندم مورد بررسی قرار دادند [۱۰]. جردی و همکاران (۲۰۰۹) در یک کار تحقیقاتی از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته به عنوان یک روش جایگزین برای کنترل آفات محصولات غذایی استفاده کردند. آن‌ها آفات را در مراحل مختلف رشد و نمو به داخل بسته‌های نفوذناپذیر پلاستیکی حاوی جیره‌های غذایی انتقال دادند و سپس بسته‌ها را با دو سطح دی‌اکسیدکربن (۵۰٪ و ۹۰٪) تیمار کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت بالاتر گاز دی‌اکسیدکربن با سرعت بیشتری آفات را از بین برد [۱۱]. جردی و همکاران (۲۰۱۰) نیز تأثیر گاز دی‌اکسیدکربن را بر کنترل ۹ نوع از آفات و حشرات محصولات انباری مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد، که غلظت‌ها و فشارهای بالاتر گاز دی‌اکسیدکربن باعث کشته شدن بیشتر گونه‌ها در تمامی مراحل رشد آن‌ها شد [۱۲]. از آنجایی که اطلاعات بسیار اندکی، در رابطه با اثرات بوجاری، دما، مدت زمان نگهداری و تزریق دوزهای مختلف گازهای دی‌اکسیدکربن، ازت و اکسیژن در بسته‌های نگهداری گندم وجود دارد، لذا در این مطالعه، اثرات عوامل اشاره شده، بر مدت ماندگاری و نیز اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های بیولوژیکی (آفات انباری)، فیزیکی و شیمیایی گندم بررسی شد.

1. Sitotroga Gereaella
2. Trogoderma granarium
3. Sitophilus granarius
4. Tribolium confusum
5. Rhizoperta dominica
6. CO2
7. N2
8. Ozone

9. Methyl bromide

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تعیین میزان رطوبت پایه، بوجاری و

گاززنی گندم

این تحقیق روی نمونه‌های گندم رقم n-80 تهیه شده از سیلوی اداره کل غله و خدمات بازرگانی استان گلستان (گرگان) انجام گرفت. میزان رطوبت پایه‌ی هر نمونه با خشک کردن حدود ۵ تا ۱۰ گرم نمونه در آون 130 ± 2 درجه‌ی سانتی‌گراد (آون Memmert، مدل: ۶۰۰ 06062 D، ساخت آلمان) تا رسیدن به رطوبت ثابت، تعیین شد [۱۳]. رطوبت پایه‌ی دانه‌های گندم، ۱۰ درصد بر مبنای وزن مرطوب تعیین شد. برای بوجاری گندم از الک‌های استاندارد، آهن‌ربا (جهت جداسازی قطعات فلزی) و فن (جهت جداسازی خاک و ...) استفاده شد. سپس گندم‌هایی با سطوح بوجاری صفر درصد (بدون بوجاری) و ۱۰۰ درصد (کاملاً بوجاری)، به منظور حفظ شرایط محیطی در طی مدت زمان نگهداری، در بسته‌های نفوذناپذیر^۱ به گاز قرار گرفتند. برای عملیات گاززنی بسته‌های گندم، از آنجایی که تزریق گاز نیازمند تجهیزات پیچیده‌ای بود، ترکیب و تزریق گازها با نسبت مشخص به درون کپسول (جدول ۱) توسط کارخانه‌ی اکسیژن خوراکیان واقع در بزرگراه آسیایی مشهد انجام شد و تزریق گاز به درون بسته‌های گندم در مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد (گروه صنایع غذایی) صورت پذیرفت. سپس بسته‌های گندم در دو دمای ۲۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد (در داخل آون) تا زمان انجام آزمون‌ها (۲، ۴، ۶ و ۸ هفته)، نگهداری شدند. آزمون‌های مورد نظر بعد از طی این مدت روی آن‌ها انجام شد.

۲-۲- ویژگی‌های بیولوژیکی، فیزیکی و

شیمیایی

۲-۲-۱- تعیین افت مفید و غیرمفید

مطابق با روش استاندارد (1972) ICC 102/1 افت‌های مربوطه محاسبه شد [۱۴].

۲-۲-۲- تعیین وزن هزاردانه

به گونه تصادفی نمونه‌ای به وزن تقریبی پانصد دانه برداشته شد. دانه‌های سالم از نمونه‌ی اولیه جدا و شمارش گردید و سپس با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم، مدل MX50،

ساخت A&D ژاپن) وزن شد. برای محاسبه وزن هزاردانه از رابطه‌ی ۱ استفاده شد [۱۵].

$$m_h = \frac{m_p \times 1000}{N}$$

m_h = وزن هزاردانه هنگام دریافت، m_p = وزن دانه‌ها به گرم، N = تعداد دانه‌ها در m_p گرم دانه.

۲-۲-۳- تعیین وزن هکتولتر

برای تعیین وزن هکتولتر، ابتدا پیمانانه دستگاه پر شد و سپس ملحقات دستگاه روی هم سوار گردید. محتوای پیمانانه با کشیدن ضامن دستگاه، به داخل مخزن ریخته و وزن دانه‌های داخل مخزن آن با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم، مدل EK600i، ساخت AND ژاپن) توزین شد. در نهایت با استفاده از رابطه‌ی ۲ وزن هکتولتر گزارش گردید [۱۶].

$$\rho = \frac{m}{10}$$

ρ = وزن هکتولتر، m = وزن گندم توزین شده.

۲-۲-۴- تعیین اسیدیت

۱۰ گرم از نمونه با ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۶۷٪ خشی مخلوط شد و برای مدتی ساکن گذاشته شد تا مواد داخل آن ته‌نشین گردد. سپس مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده در یک ارلن مایر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شده و ۳ قطره معرف فنول فتالین به آن اضافه شد. در نهایت با محلول ۰/۱ نرمال سدیم هیدرواکساید، تیترومده و بر اساس مقدار سدیم هیدرواکساید مصرفی و طبق رابطه‌ی ۳، میزان اسیدیت تعیین شد [۵].

۲ × سود مصرفی = میزان اسیدیت

۲-۲-۵- تعیین pH

۱۰ گرم از نمونه‌ی آرد با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تازه جوشیده شده کاملاً مخلوط گردید و به مدت ۲۰ دقیقه ساکن قرار داده شد تا ته‌نشین گردد. سپس pH محلول فوقانی، توسط pH متر تعیین شد [۱۷].

۲-۲-۶- میزان خاکستر

میزان خاکستر نمونه‌های مورد آزمون، بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۶ (۱۳۸۷) اندازه‌گیری شد. در نهایت از رابطه‌ی ۴ میزان خاکستر تعیین گردید [۱۸].

$$w_{a.w} = (m_1 - m_2) \times \frac{100}{m_0}$$

۱. دو لایه پلی‌پروپیلن - پلی‌اتیلن

$M_{\text{gas}} =$ درصد وزنی خاکستر بر مبنای مرطوب، $M_{\text{gas}} =$ وزن نمونه برحسب گرم، $M_{\text{gas}} =$ وزن بوته‌ی خالی برحسب گرم، $M_{\text{gas}} =$ وزن بوته و باقیمانده‌ی خاکستر برحسب گرم.

Table 1 Levels of cleaning, gas, temperature, and storage time

Variable	Level	Amount	Variable	Level	Amount
Cleaning	First	0%	Temperature	First	20 °C
	Second	100%		Second	40 °C
Composition of gases	First	Air	Storage time	First	2 weeks
	Second	10% O ₂ + 90% N ₂		Second	4 weeks
	Third	10% O ₂ + 90% CO ₂		Third	6 weeks
	Fourth	10% O ₂ + 45% N ₂ + 45% CO ₂		Fourth	8 weeks

۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات در ۲ تکرار انجام شدند. تأثیر نوع گاز، درصد بوجاری، دما و مدت زمان نگهداری روی ویژگی‌های بیولوژیکی (آفات انباری)، فیزیکی و شیمیایی دانه‌های گندم با استفاده از روش آنالیز واریانس آنوا^۱ تعیین شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد و با بکارگیری نرم افزار SAS 2001 در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل انجام شد. همچنین روابط رگرسیونی با استفاده از برنامه Excel 2010 برای کلیه ویژگی‌های مورد بررسی تعیین شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های بیولوژیکی

۳-۱-۱- افت مفید

نتایج تحلیل واریانس (جدول ۲) نشان دادند، اثر بوجاری ($P < 0.05$)، مدت زمان نگهداری و سطوح گازی ($P < 0.05$) تأثیر معنی‌داری بر میزان افت مفید دانه‌های گندم داشتند. طبق نتایج مقایسه میانگین دانکن (جدول ۳ تا ۶)، میزان افت مفید دانه‌های گندم، تحت تأثیر بوجاری در سطح اول بالاترین مقدار، تحت تأثیر زمان نگهداری در هفته ششم و هشتم کمترین مقدار، تحت تأثیر سطوح گازی در سطح چهارم بالاترین مقدار و در سطح سوم کمترین مقدار بود و تمامی

سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0.05$) داشتند. میزان افت مفید دانه‌های گندم با افزایش سطوح بوجاری و مدت زمان نگهداری به ترتیب معادل ۴۷/۹ و ۳۷/۸ درصد کاهش یافتند. همچنین میزان افت مفید دانه‌های گندم از ۱/۴۷۸۸ درصد در بسته‌های حاوی ۴۵ درصد از هر کدام از گازهای دی‌اکسیدکربن و نیتروژن به ۱/۰۶۲۵ درصد در بسته‌های حاوی ۹۰ درصد دی‌اکسیدکربن کاهش یافت. کاهش افت مفید با بالا رفتن سطوح بوجاری مشابه گندم [۱۹ و ۲۰] بود. در این مطالعه، افت مفید دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی با افزایش سطوح گازی ($R^2 = 0.86$) افزایش و با افزایش مدت زمان نگهداری و سطوح بوجاری ($R^2 = 1$) کاهش یافت (جدول ۷). مقادیر افت مفید در این مطالعه از دانه‌ی گندم [۲۰] کمتر بود و در محدوده استاندارد قرار داشت [۵]. کاهش افت مفید با افزایش میزان گاز دی‌اکسیدکربن در مطالعات مشابه نیز دیده شده است [۱۱ و ۱۲]. روند تغییرات افت مفید دانه‌ی گندم تحت تأثیر بوجاری، مدت زمان نگهداری و سطوح گازی در شکل ۱ آمده است.^۲

۲. لازم به ذکر است در تمامی شکل‌های روند تغییرات ویژگی‌های مورد آزمون تحت تأثیر بوجاری، دما، مدت زمان نگهداری و سطوح گازی، سطح اول شامل بوجاری صفر٪، دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد، زمان دو هفته و گاز داخل بسته‌بندی هوا می‌باشد. سطح دوم شامل بوجاری ۱۰۰٪، دما ۴۰ درجه سانتی‌گراد، زمان چهار هفته و گاز داخل بسته‌بندی شامل ۱۰٪ O₂ + ۹۰٪ N₂ می‌باشد. سطح سوم شامل زمان نگهداری شش هفته و گاز داخل بسته‌بندی شامل ۱۰٪ O₂ + ۹۰٪ CO₂ بود و همچنین سطح چهارم شامل زمان نگهداری هشت هفته و گاز داخل بسته‌بندی شامل ۴۵٪ CO₂ + ۴۵٪ N₂ + ۱۰٪ O₂ است.

1. ANOVA

Table 2 Analysis of variance (mean square) for properties of useful loss, non useful loss, hectoliter, and thousand seed weight of wheat

Source	Useful loss (%)	Non useful loss (%)	Hectoliter (0.01kg lit ⁻¹)	Thousand seed weight (gr)
Cleaning	9.994 ^{**}	5.023 ^{**}	6.983 [*]	11.391 ^{**}
Storage temperature	0.599 ^{ns}	0.056 ^{ns}	0.214 ^{ns}	37.516 ^{**}
Storage time	1.503 [*]	0.113 [*]	2775.428 ^{**}	177.385 ^{**}
Gas levels	0.502 [*]	0.034 ^{ns}	1.236 ^{ns}	4.990 [*]
Cleaning × Gas levels	0.339 ^{ns}	0.062 ^{ns}	0.547 ^{ns}	2.089 ^{ns}
Cleaning × Storage temperature	0.353 ^{ns}	0.071 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.000 ^{ns}
Cleaning × Storage time	0.144 ^{ns}	0.057 ^{ns}	1.568 ^{ns}	3.859 [*]
Storage temperature × Gas levels	0.129 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.344 ^{ns}	2.609 ^{ns}
Storage time × Gas levels	0.245 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.353 ^{ns}	0.687 ^{ns}
Storage temperature × Storage time	0.146 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.276 ^{ns}	35.672 ^{**}
Cleaning × Storage temperature × Gas levels	0.081 ^{ns}	0.029 ^{ns}	0.585 ^{ns}	0.656 ^{ns}
Cleaning × Storage time × Gas levels	0.264 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.677 ^{ns}	1.488 ^{ns}
Cleaning × Storage temperature × Storage time	0.362 ^{ns}	0.030 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.302 ^{ns}
Storage temperature × Storage time × Gas levels	0.145 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.172 ^{ns}	1.752 ^{ns}

^{**}Significant at 0.01%, ^{*}Significant at 0.05%, ^{ns}Not significant.

Table 3 Comparison of the mean values of wheat properties under the influence of cleaning by the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Cleaning (%)	Useful loss (%)	Non useful loss (%)	Hectoliter (0.01kg lit ⁻¹)	Thousand seed weight (gr)	Acidity	pH	Ash
0%	1.6478 ^a	0.6003 ^a	92.944 ^b	37.9843 ^b	2.7437 ^a	6.4656 ^a	1.2730 ^a
100%	0.8573 ^b	0.04 ^b	93.6053 ^a	38.8281 ^a	2.7012 ^a	6.4540 ^a	1.2756 ^a

Different letters in the same column indicate a statistically significant difference between the values ($p < 0.05$).

Table 4 Comparison of the mean values of wheat properties under the influence of temperature by the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Temperature (°C)	Useful loss (%)	Non useful loss (%)	Hectoliter (0.01kg lit ⁻¹)	Thousand seed weight (gr)	Acidity	pH	Ash
20	1.3496 ^a	0.3496 ^a	93.3328 ^a	39.1718 ^a	2.5512 ^b	6.5112 ^a	1.2809 ^a
40	1.1557 ^a	0.2906 ^a	93.2171 ^a	37.6406 ^b	2.8937 ^a	6.41 ^b	1.2678 ^a

Different letters in the same column indicate a statistically significant difference between the values ($p < 0.05$).

Table 5 Comparison of the mean values of wheat properties under the influence of storage time by the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Storage time	Useful loss (%)	Non useful loss (%)	Hectoliter (0.01kg lit ⁻¹)	Thousand seed weight (gr)	Acidity	pH	Ash
2 weeks	1.4081 ^a	0.2231 ^b	81.9325 ^c	39.6562 ^b	2.8062 ^a	6.5356 ^a	1.2768 ^b
4 weeks	1.6087 ^a	0.2819 ^{ab}	81.8294 ^c	42.5312 ^a	2.6750 ^a	6.4738 ^{ab}	1.3196 ^a
6 weeks	0.9937 ^b	0.3631 ^{ab}	93.9 ^b	36.0625 ^c	2.7375 ^a	6.4144 ^b	1.1629 ^c
8 weeks	1.000 ^b	0.4125 ^a	95.41 ^a	35.3750 ^c	2.6687 ^a	6.4156 ^b	1.3381 ^a

Different letters in the same column indicate a statistically significant difference between the values ($p < 0.05$).

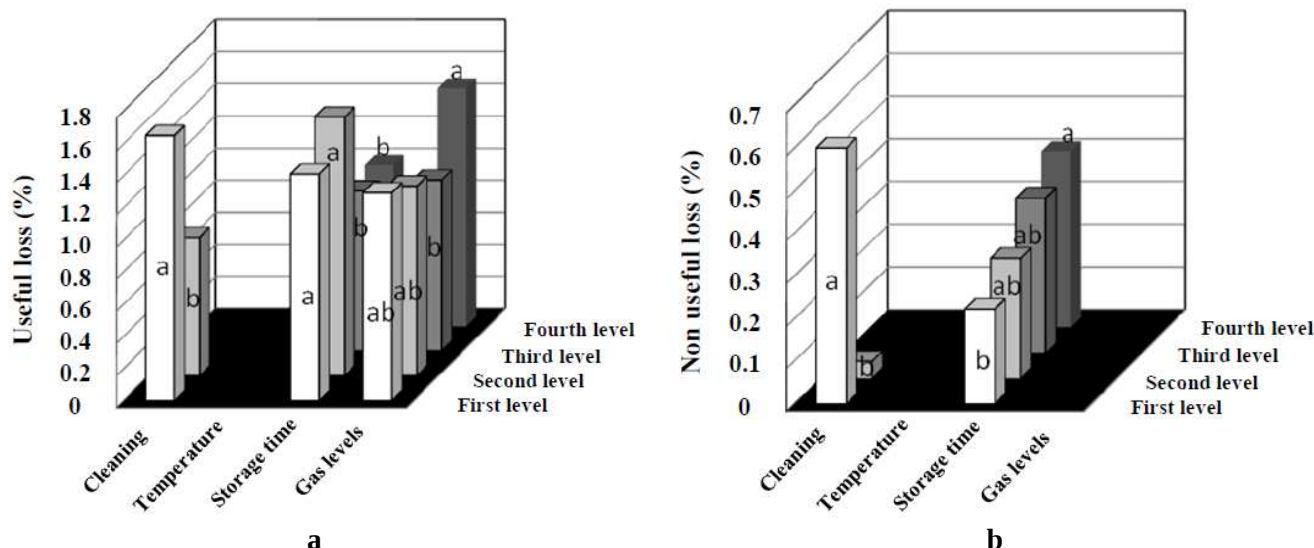
Table 6 Comparison of the mean values of wheat properties under the influence of gas levels by the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Gas levels	Useful loss (%)	Non useful loss (%)	Hectoliter (0.01kg lit ⁻¹)	Thousand seed weight (gr)	Acidity	pH	Ash
1	1.2906 ^{ab}	0.3088 ^a	92.8612 ^a	38.6250 ^a	3.0500 ^a	6.4469 ^a	1.2403 ^b
2	1.1788 ^{ab}	0.2725 ^a	93.3731 ^a	37.7188 ^b	2.6188 ^b	6.5037 ^a	1.2879 ^a
3	1.0625 ^b	0.3162 ^a	93.4088 ^a	39.0312 ^a	2.6000 ^b	6.4500 ^a	1.2981 ^a
4	1.4788 ^a	0.3831 ^a	93.4569 ^a	38.2500 ^{ab}	2.6188 ^b	6.4388 ^a	1.2711 ^{ab}

Different letters in the same column indicate a statistically significant difference between the values ($p < 0.05$).

Table 7 The regression equations of useful loss and non useful loss properties of wheat

Source	Regression equation	correlation coefficient	Regression equation	correlation coefficient
	Useful loss (%)		Non useful loss (%)	
Cleaning	$y = -0.0079x + 1.6478$	$R^2 = 1$	$y = -0.0056x + 0.6003$	$R^2 = 1$
Temperature				
Storage time	$y = 0.2395x^3 - 1.8447x^2 + 4.0583x - 1.045$	$R^2 = 1$	$y = 0.0649x + 0.1578$	$R^2 = 0.99$
Gas levels	$y = 0.132x^2 - 0.6153x + 1.8007$	$R^2 = 0.846$		

**Fig 1** The effect of cleaning, storage time and gas levels on the wheat grain a: useful loss, and b: non useful loss

نشان دادند، میزان افت غیرمفید دانه‌های گندم، تحت تأثیر بوجاری در سطح اول بالاترین مقدار و تحت تأثیر مدت زمان نگهداری در هفته دوم کمترین مقدار بود و تمامی سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0.05$) داشتند. میزان افت غیرمفید دانه‌های گندم با بالا رفتن سطوح بوجاری ۹۳/۳ درصد کاهش و با افزایش مدت زمان نگهداری ۸۴/۹ درصد افزایش یافت که در مطالعات مشابه نیز دیده شده است [۱۹ و ۲۰]. در این مطالعه، افت غیرمفید دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی با افزایش مدت زمان نگهداری ($R^2 = 0.99$) افزایش و با افزایش سطح بوجاری ($R^2 = 1$) کاهش یافت

احتمالاً کاهش افت مفید دانه‌های گندم با بالا رفتن سطح بوجاری، مدت زمان نگهداری و میزان گاز دی‌اکسیدکربن در بسته‌ها به دلیل حذف حشرات، خاک و دانه‌های شکسته در اثر بوجاری و از بین رفتن آفات و حشرات توسط گاز دی‌اکسیدکربن و جلوگیری از آسیب رساندن به دانه‌های گندم می‌باشد [۱۲ و ۲۱].

۳-۱-۲- افت غیرمفید

مطابق جدول ۲ اثر بوجاری ($P < 0.01$) و مدت زمان نگهداری ($P < 0.05$) بر میزان افت غیرمفید دانه‌های گندم معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین دانکن (جدول ۳ تا ۶)

مدت زمان نگهداری در هفته هشتم بالاترین مقدار بود و تمامی سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی داری ($P < 0.05$) داشتند. میزان هکتولتر دانه‌های گندم با بالا رفتن سطوح بوجاری و مدت زمان نگهداری به ترتیب معادل ۰/۷۱ و ۱۶/۴۴ درصد افزایش یافت. افزایش هکتولتر با بالا رفتن سطوح بوجاری مشابه نتایج دیگر تحقیقات بود [۱۹ و ۲۰]. این در حالی بود که با بالا رفتن دمای نگهداری، میزان هکتولتر در مطالعات دیگر کاهش یافت [۲۰ و ۲۲]. در این مطالعه، میزان هکتولتر دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی با افزایش سطح بوجاری ($R^2=1$) و مدت زمان نگهداری ($R^2=0.82$) افزایش یافت (جدول ۸). میزان هکتولتر رقم مورد بررسی از دانه‌ی گندم [۱۹ و ۲۰] بیشتر بود. روند تغییرات هکتولتر دانه‌ی گندم تحت تأثیر بوجاری و مدت زمان نگهداری در شکل ۲ آمده است. به نظر می‌رسد، افزایش هکتولتر با بالا رفتن سطوح بوجاری به دلیل حذف ناخالصی-ها و اجسام خارجی با دانسیته‌ی پایین مثل کاه و کلش از بین دانه‌های گندم و حفظ یکنواختی دانه‌ها و دانسیته آن‌ها می‌باشد [۱ و ۱۹].

(جدول ۷). میزان افت غیرمفید در این مطالعه از دانه‌ی گندم [۱۹ و ۲۰] بیشتر بود. روند تغییرات افت غیرمفید دانه‌های گندم تحت تأثیر بوجاری و مدت زمان نگهداری در شکل ۱ آمده است. به نظر می‌رسد، می‌توان کاهش افت غیرمفید در اثر افزایش سطوح بوجاری را به حذف عوامل خارجی مانند خاک، کاه و کلش، سنگ و ... نسبت داد. همچنین احتمالاً افزایش افت غیرمفید با گذشت مدت زمان نگهداری به دلیل افزایش تعداد دانه‌های کپک‌زده و فعال شدن اسپور کپک‌هایی بوده است که از قبل بصورت پنهان و غیرفعال در برخی از دانه‌های گندم حضور داشتند [۱ و ۱۹].

۲-۳- ویژگی‌های فیزیکی

۱-۲-۳- هکتولتر

نتایج تحلیل واریانس (جدول ۲) نشان دادند، اثر بوجاری ($P < 0.05$) و مدت زمان نگهداری ($P < 0.01$) تأثیر معنی داری بر میزان هکتولتر دانه‌های گندم داشتند. بر طبق نتایج مقایسه میانگین دانکن (جداول ۳ تا ۶)، میزان هکتولتر دانه‌های گندم، تحت تأثیر بوجاری در سطح دوم و تحت تأثیر

Table 8 The regression equations of hectoliter and thousand seed weight properties of wheat grain

Source	Regression equation	correlation coefficient	Regression equation	correlation coefficient
Hectoliter (0.01 kg lit^{-1})			Thousand seed weight (gr)	
Cleaning	$y=0.0066x+92.944$	$R^2=1$	$y=0.0084x+37.984$	$R^2=1$
Temperature			$y=-0.0766x+40.703$	$R^2=1$
Storage time	$y=9.2533x+70.142$	$R^2=0.82$	$y=2.520x^3-19.796x^2+44.618x+12.314$	$R^2=1$
Gas levels			$y=-0.7187x^3+5.4215x^2-12.14x+46.062$	$R^2=1$

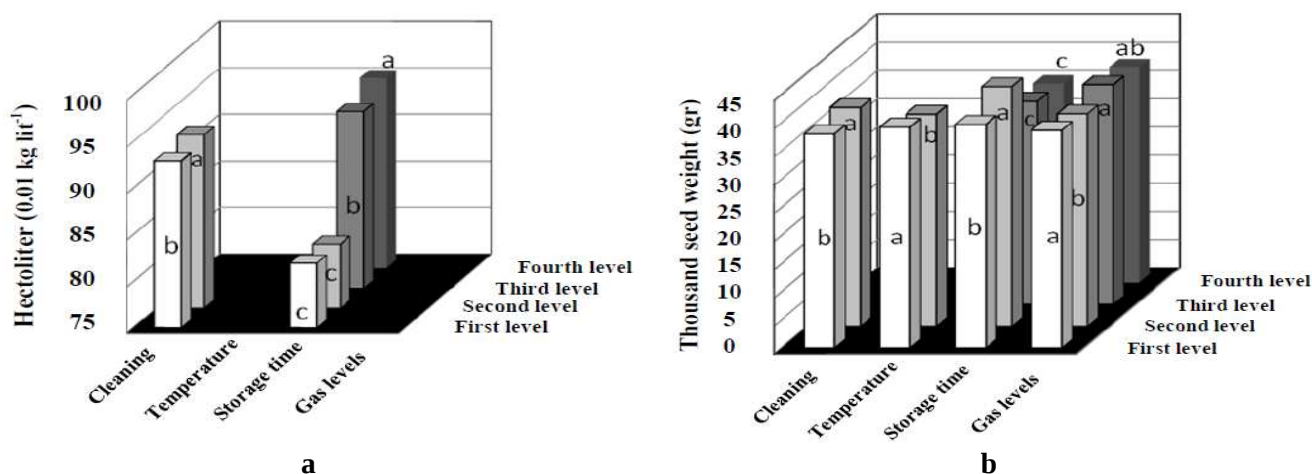


Fig 2 The effect of cleaning, temperature, storage time, and gas levels on the wheat grain a: hectoliter, and b: thousand seed weight

۳-۲-۲- وزن هزاردانه

اثر بوجاری، دما و مدت زمان نگهداری ($P < 0/01$) و سطوح گازی ($P < 0/05$) و همچنین اثر متقابل بوجاری- مدت زمان نگهداری ($P < 0/05$) و دما- مدت زمان نگهداری ($P < 0/01$) بر میزان وزن هزاردانه معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن (جدول ۳ تا ۶) نشان دادند، وزن هزاردانه‌ی گندم، تحت تأثیر بوجاری در سطح دوم، تحت تأثیر دمای نگهداری در سطح اول، تحت تأثیر مدت زمان نگهداری در هفته چهارم و تحت تأثیر سطوح گازی در سطح اول و سوم بالاترین مقدار بود و تمامی سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/05$) داشتند. میزان وزن هزاردانه‌ی گندم از ۳۷/۷۱۸۸ گرم در بسته‌های حاوی ۹۰ درصد نیتروژن به ۳۹/۰۳۱۲ گرم در بسته‌های حاوی ۹۰ درصد دی‌اکسیدکربن متغیر بود. وزن هزاردانه‌ی رقم مورد بررسی در مقایسه با ارقام کانولا [۲۳]، ارزن [۲۴] و گندم [۱۹، ۲۰، ۲۵-۲۷] بیشتر بود. میزان وزن هزاردانه‌ی گندم با ضریب تبیین بالایی ($R^2=1$) با بالا رفتن سطوح بوجاری افزایش یافت که مشابه دانه‌ی گندم [۱۹ و ۲۰] بود (جدول ۸). روند تغییرات وزن هزاردانه‌ی گندم تحت تأثیر بوجاری، دما، مدت زمان نگهداری و سطوح گازی در شکل ۲ آمده است. می‌توان افزایش وزن هزاردانه با بالا رفتن سطح بوجاری را به حذف دانه‌های پوک، کاه و کلش و دانه‌ی سایر غلات نسبت داد [۱۹]. بالا رفتن وزن هزاردانه با افزایش میزان دی‌اکسیدکربن، احتمالاً به دلیل ممانعت از رشد

و نمو حشرات و میکروارگانیسم‌ها توسط گاز دی‌اکسیدکربن است که از پوک شدن و شکسته شدن دانه‌های گندم و کاهش وزن آن‌ها جلوگیری نموده است [۱۱، ۲۸ و ۲۹].

۳-۳- ویژگی‌های شیمیایی

۳-۳-۱- اسیدیته

نتایج تحلیل واریانس (جدول ۹) نشان دادند، اثر دما و سطوح گازی و همچنین اثر متقابل دما- زمان نگهداری ($P < 0/01$) و اثر متقابل بوجاری- مدت زمان نگهداری ($P < 0/05$) تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته داشتند. بر طبق نتایج مقایسه میانگین دانکن (جدول ۳ تا ۶)، میزان اسیدیته دانه‌های گندم، تحت تأثیر دمای نگهداری در سطح دوم و تحت تأثیر سطوح گازی در سطح اول بالاترین مقدار بود و تمامی سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/05$) داشتند. میزان اسیدیته در این مطالعه در مقایسه با دانه‌ی گندم [۱۹ و ۲۰] بیشتر بود. همچنین افزایش اسیدیته با بالا رفتن دمای نگهداری در مطالعات مشابهی که بر روی دانه‌ی گندم انجام گرفته نیز دیده شده است [۱۹، ۲۰، ۲۲، ۳۰ و ۳۱]. میزان اسیدیته دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی با بالا رفتن دمای نگهداری ($R^2=1$) افزایش و با افزایش سطوح گازی ($R^2=0/95$) کاهش یافت (جدول ۱۰). روند تغییرات میزان اسیدیته دانه‌ی گندم تحت تأثیر دما و سطوح گازی در شکل ۳ نشان داده شده است.

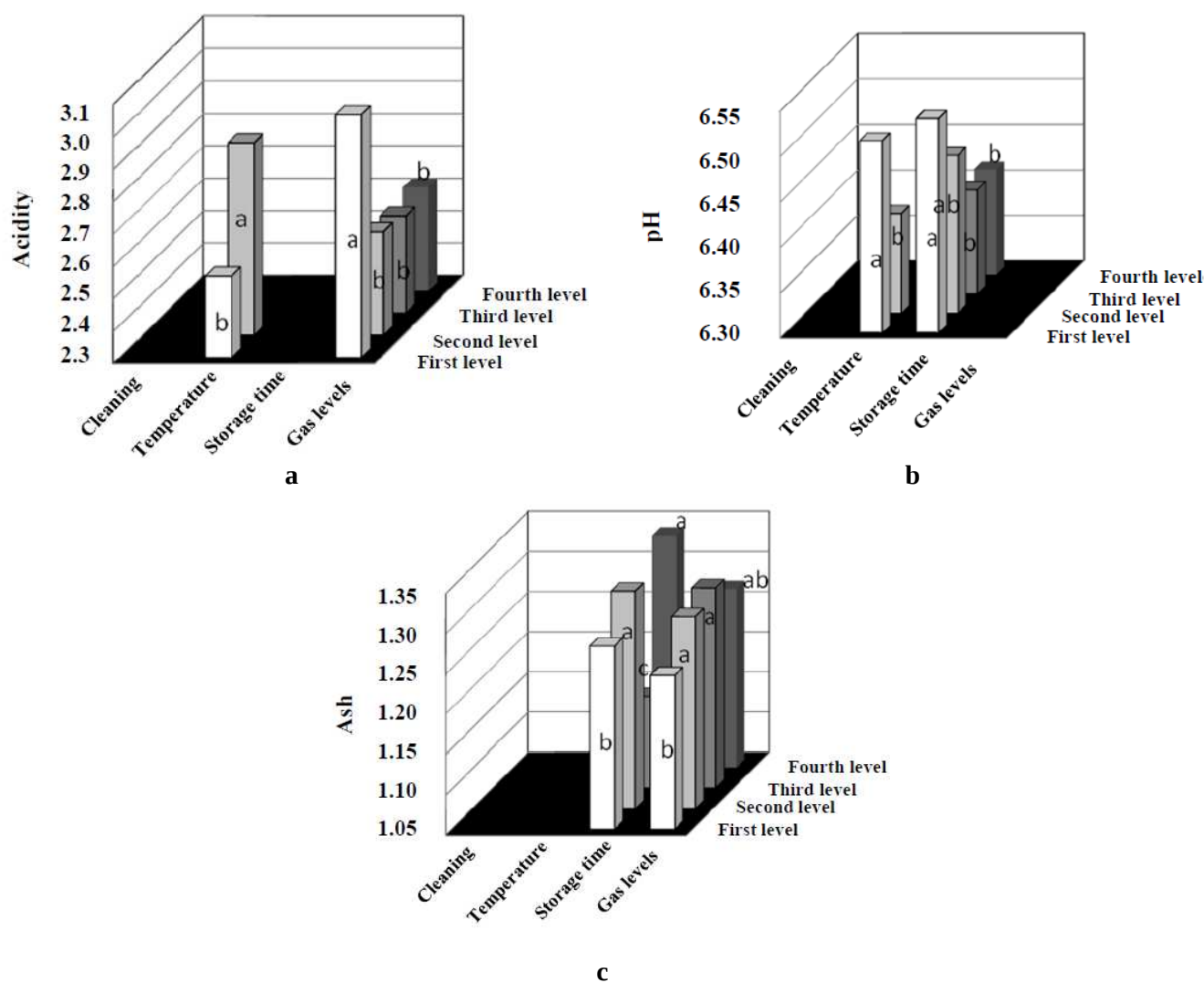
Table 9 Analysis of variance (mean square) for properties of acidity, pH, and ash of wheat seed

Source	Acidity	pH	Ash
Cleaning	0.031 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.000 ^{ns}
Storage temperature	1.891 ^{**}	0.169 [*]	0.003 ^{ns}
Storage time	0.066 ^{ns}	0.053 [*]	0.099 ^{**}
Gas levels	0.767 ^{**}	0.014 ^{ns}	0.010 [*]
Cleaning × Gas levels	0.082 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.042 ^{**}
Cleaning × Storage temperature	0.076 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.009 ^{ns}
Cleaning × Storage time	0.306 [*]	0.020 ^{ns}	0.008 [*]
Storage temperature × Gas levels	0.075 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Storage time × Gas levels	0.101 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.005 ^{ns}
Storage temperature × Storage time	0.538 ^{**}	0.108 [*]	0.033 ^{**}
Cleaning × Storage temperature × Gas levels	0.049 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.004 ^{ns}
Cleaning × Storage time × Gas levels	0.022 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.021 ^{**}
Cleaning × Storage temperature × Storage time	0.046 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.059 ^{**}
Storage temperature × Storage time × Gas levels	0.083 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.008 [*]

**Significant at 0.01%, *Significant at 0.05%, ^{ns}Not significant.

Table 10 The regression equations of acidity and pH properties of wheat grain

Source	Regression equation	correlation coefficient	Regression equation	correlation coefficient
	Acidity		pH	
Cleaning				
Temperature	$y=0.0171x+2.2087$	$R^2=1$	$y=-0.0056x+6.6224$	$R^2=1$
Storage time			$y=-0.0419x+6.5647$	$R^2=0.88$
Gas levels	$y=0.1125x^2-0.6937x+3.6125$	$R^2=0.95$		

**Fig 3** The effect of temperature, storage time, and gas levels on the wheat grain a: acidity, b: pH and c: ash

اسیدیته با افزایش دما را می‌توان به افزایش سرعت هیدرولیز و اکسیداسیون چربی‌های موجود در گندم نسبت داد [۵ و ۱۹].

۳-۲- میزان pH

مطابق نتایج تحلیل واریانس (جدول ۹) اثر دما، مدت زمان نگهداری و اثر متقابل دما- مدت زمان نگهداری بر میزان pH دانه‌های گندم معنی‌دار ($P < 0.05$) شد. نتایج مقایسه میانگین

به نظر می‌رسد، پایین‌تر بودن میزان اسیدیته گندم‌هایی که در بسته‌های حاوی نیتروژن و دی‌اکسیدکربن قرار داشتند به دلیل ممانعت از رشد میکروارگانیسم‌ها، فعالیت حشرات، آفات و به دنبال آن جلوگیری از هیدرولیز چربی موجود در گندم و تولید اسیدهای چرب آزاد باشد [۱۱]. همچنین احتمالاً افزایش میزان

بوجاری- دما - مدت زمان نگهداری ($P < 0/01$) و همچنین اثر سطوح گازی و اثر متقابل بوجاری- مدت زمان نگهداری و دما- مدت زمان نگهداری- سطوح گازی ($P < 0/05$) بر میزان خاکستر دانه‌های گندم معنی‌دار شدند. بر طبق نتایج مقایسه میانگین دانکن (جدول ۳ تا ۶)، میزان خاکستر دانه‌های گندم، تحت تأثیر مدت زمان نگهداری در هفته چهارم و هشتم و تحت تأثیر سطوح گازی در سطوح دوم و سوم بالاترین مقدار بود و تمامی سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/05$) داشتند. میزان خاکستر دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی ($R^2=1$) با افزایش مدت زمان نگهداری افزایش یافت (جدول ۱۱). این در حالی بود که تفاوت معنی‌داری در محتوای خاکستر در مدت نگهداری در مطالعات مشابه دیگر مشاهده نشد [۲۰ و ۳۴]. مقادیر خاکستر رقم مورد مطالعه از دانه‌ی گندم کمتر بود [۱۹ و ۲۰] و در رنج استاندارد خاکستر آرد معمولی قرار داشت [۵]. روند تغییرات میزان خاکستر دانه‌ی گندم تحت تأثیر مدت زمان نگهداری و سطوح گازی در شکل ۳ آمده است.

دانکن (جدول ۳ تا ۶) نشان دادند، میزان pH دانه‌های گندم، تحت تأثیر مدت زمان نگهداری در هفته دوم و تحت تأثیر دمای نگهداری در سطح اول بالاترین مقدار بود و تمامی سطوح ذکر شده اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/05$) داشتند. میزان pH گندم‌ها با ضریب تبیین بالایی با افزایش دما ($R^2=1$) و مدت زمان نگهداری ($R^2=0/88$) کاهش یافت (جدول ۱۰). این نتایج مشابه مطالعات دیگر بود [۱۹ و ۲۰]. روند تغییرات میزان pH دانه‌ی گندم تحت تأثیر دما و مدت زمان نگهداری در شکل ۳ آمده است. به نظر می‌رسد، کاهش pH با افزایش دما و مدت زمان نگهداری به دلیل افزایش رشد میکروارگانیسم‌ها، فعالیت حشرات و آفات و در نتیجه هیدرولیز چربی موجود در گندم و تولید اسیدهای چرب آزاد و ایجاد حالت اسیدی بود [۱۱، ۳۲ و ۳۳].

۳-۳-۳- خاکستر

نتایج تحلیل واریانس (جدول ۹) نشان داد، اثر مدت زمان نگهداری و اثر متقابل بوجاری- سطوح گازی، دما- مدت زمان نگهداری، بوجاری- مدت زمان نگهداری- سطوح گازی و

Table 11 The regression equations of ash properties of wheat grain

Source	Regression equation	correlation coefficient
Ash		
Cleaning	-	-
Temperature	-	-
Storage time	$y=0.0886x^3-$	$R^2=1$
	$0.6312x^2+1.3163x+0.5031$	
Gas levels	$y=-0.0186x^2+0.1035x+1.1555$	$R^2=1$

زمان نگهداری ($P < 0/05$) تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته داشتند. میزان pH دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی با افزایش دما ($R^2=1$) و مدت زمان نگهداری ($R^2=0/88$) کاهش یافت. همچنین میزان خاکستر دانه‌های گندم با ضریب تبیین بالایی ($R^2=1$) با افزایش مدت زمان نگهداری افزایش یافت.

۵- سپاسگزاری

این مطالعه، بخشی از طرح پژوهشی ملی سفارش شده توسط شرکت غله و خدمات بازرگانی منطقه ۲ بوده و از حمایت مالی آن شرکت برخوردار بوده است. همچنین، از مساعدت و همکاری کارکنان آزمایشگاه آن شرکت، صمیمانه تشکر می‌گردد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه برخی از ویژگی‌های دانه‌ی گندم رقم n-80 استان گلستان، تحت تأثیر بوجاری، دما، مدت زمان نگهداری و سطوح گازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند، اثر بوجاری بر میزان افت مفید و غیرمفید دانه‌های گندم معنی‌دار ($P < 0/01$) شد. میزان افت مفید گندم با افزایش سطوح بوجاری و مدت زمان نگهداری به ترتیب معادل ۴۷/۹ درصد و ۳۷/۸ درصد کاهش یافتند. میزان هکتولتر گندم با ضریب تبیین بالایی با افزایش سطوح بوجاری ($R^2=1$) و مدت زمان نگهداری ($R^2=0/82$) افزایش یافت. میزان وزن هزاردانه‌ی گندم از ۳۷/۷۱۸۸ گرم در بسته‌های حاوی ۹۰ درصد نیتروژن به ۳۹/۰۳۱۲ گرم در بسته‌های حاوی ۹۰ درصد دی‌اکسیدکربن متغیر بود. اثر دما و سطوح گازی و همچنین اثر متقابل دما- مدت زمان نگهداری ($P < 0/01$) و اثر متقابل بوجاری- مدت

۶- منابع

- soluble carbohydrate concentration in wheat under different nitrogen levels. *Journal of Field Crops Research*, 124(1): 104-113.
- [11] Jordi, R., Cristina, C., Oscar, A., María, J. P. and Rosa, G. 2009. Modified atmosphere packaging (MAP) as an alternative measure for controlling ten pests that attack processed food products. *Journal of stored products research*, 45: 91-96.
- [12] Jordi, R., Cristina, C., Oscar, A., María, J. P. and Rosa, G. 2010. The use of carbon dioxide at high pressure to control nine stored-product pests. *Journal of Stored Products Research*, 46: 228-233.
- [13] Iranian National Standardization Organization. 2010. Cereal and cereal products-Determination of moisture content-Reference method, Iranian National Standardization, No.2705, 1st. Revision. (In Persian).
- [14] International Cereal Council (ICC). 1972. Determination of besatz of wheat. International Cereal Council. Standard No. 102/1.
- [15] Iranian National Standardization Organization. 2013. Cereals and pulses - Determination of the mass of 1000 grains, Iranian National Standardization, No.7629, 1st.Revision. (In Persian).
- [16] Iranian National Standardization Organization. 2010. Cereals-Determination of bulk density, called mass per hectoliter Part1: Reference method, Iranian National Standardization, No.8164-1, 1st.Revision. (In Persian).
- [17] Iranian National Standardization Organization. 2009. Biscuit-Specifications and test methods, Iranian National Standardization, No.37, 6th.Revision. (In Persian).
- [18] Iranian National Standardization Organization. 2008. Cereals, pulses and by products-Determination of ash yeild by incineration, Iranian National Standardization, No.2706, 1st. Revision. (In Persian).
- [19] Jafari, S. M., Baghbani, R., Alehosseini, A. and Asadpour, E. 2012. Investigate the possibility of cleaning before storage in silos to reduce waste and increasing shelf life (National Plan No. 60/G/1). Iranian Governmental Trade Company. (In Persian).
- [20] Alehosseini, E. 2013. Modeling of the Effect of Cleaning, Moisture, and Temperature On the Quantitative and
- [1] Payan, R. 2006. An introduction to technology and cereal products. Publication Ayej, First Edition. Pp: 4-8, 29-54. (In Persian).
- [2] Aliakbarnia, A. and azrbad, H. R. 2009. Milling flour of wheat technology. Tehran University Press. (In Persian).
- [3] Chakravrtty, A. and Pal Singh, R. 2005. Technology post-harvest cereals, fruits and vegetables. Translation: Askari Aslyardh, A. A. Cultural Institute publishing eavaran, 17-First Edition. Page 29. (In Persian).
- [4] Rajabzadeh, N. 1996. Technology, preparation and storage of cereals. Publication of Imam Reza in Mashhad, First Edition. Pp: 99-101, 105-172. (In Persian).
- [5] Jafari, S. M., Pourmohammadi, K. and Asadpour, E. 2011. Comprehensive guide for the quality control of wheat, flour and bread. Publishers Iranian Governmental Trade Company. First Edition. 318 p. (In Persian).
- [6] Behnia, M. R. 1997. Cold cereal. Institute of Mashhad University Press, First Edition. Pp: 61-39, 345-311. (In Persian).
- [7] El-Desouky, T. A., Sharoba, A. M. A., El-Desouky, A. I., El-Mansy, H. A. and Khayria N. 2013. Effect of ozonation of wheat grain on quality bread factory. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(1): 1-9.
- [8] Daolin, G., Shengbin, L., Ying, G., Chaoming, D., Zhao, Y., Jianwu, D. and Scussel, V. M. 2006. Evaluation of large modern warehouse designed and constructed for application of carbon dioxide. In *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored-Product Protection, ABRAPOS, Passo Fundo, RS, Brazil, 15-18 October 2006.* (pp. 570-577). Brazilian Post-Harvest Association (ABRAPOS).
- [9] Adler, C. 1998. Efficacy of modified atmospheres against diapausing larvae of the Indian meal *Plodia interpunctella* (Hubner.) (Lepidoptera; Pyralidae). In: Zuxun, J., Quan, L., Yongsheng, L., Xianchang, T. and Lianghua, G. (Eds). *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored - Product Protection.* 14-19. October. Beijing, China. 1998. Vol. 1. pp. 685-691.
- [10] Valluru, R. Link, J. and Claupein, W. 2011. Natural variation and morpho-physiological traits associated with water-

- [28] Wang, F., Jayas, N.D.G., White, P. and Fields, A. 2009. Combined effect of carbon monoxide mixed with carbon dioxide in air on the mortality of stored-grain insects. *Journal of stored products research*, 45: 247-253.
- [29] Jafari, S. M., Baghbani, R., Alehosseini, A. and Asadpour, E. 2014. Evaluation of ozone, CO_2 and nitrogen gas to increase the shelf life of wheat in the silos for storage (National Plan No. 60/G/2). Iranian Governmental Trade Company. (In Persian).
- [30] Chaudhry, N.M., Ullah, M. and Anjum, F.M. 1987. Effect of storage conditions on grain quality characteristics of wheat. *Pak. J. Agric. Res*, 8(1): 17-23.
- [31] Salman, H. and Copeland, L. 2007. Effect of storage on fat acidity and pasting characteristics of wheat flour. *Cereal chem*, 84 (6): 600-606.
- [32] El-Desouky, T. A., Sharoba, A. M. A., El-Desouky, A. I., El-Mansy, H. A. and Khayria N. 2012. Evaluation of ozone gas as an anti-aflatoxin B1 in wheat grains during storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 18(1): 13-19.
- [33] Isikber, A., Oztekin, S., Zorlugenc, B., Kiroglu, F., Evliya, I. and Karci, A. 2011. Potential use of ozone at high concentration for rapid insect and microbial disinfestation of durable commodities. Extension Program for Methyl Bromide Alternatives, University of Florida South Atlantic Area.
- [34] Mhiko, T. A. 2012. Determination of the causes and the effects of storage conditions on the quality of silo stored wheat (*Triticum aestivum*) in Zimbabwe. *Nat. Prod. Bioprospect*, 2: 21-28.
- [21] Sadeghi, G. R., Pourmirza, A. A. and Safaralizade, M. H. 2011. Combined effect of ozone mixed with carbon dioxide on the mortality of five stored-product insects. *Academic Journal of biologic Science*, 4(2):9 - 19.
- [22] Strelec, I., Komlenić, D., Jurković, V., Jurković, Z. and Ugarčić-hardi, Ž. 2010. Quality Parameter Changes in Wheat Varieties During Storage at Four Different Storage Conditions. *Agric conspec Sci*, 75(3): 105-111.
- [23] Çalışır, S., Marakoğlu, T., Ögüt, H. and Öztürk, Ö. 2005. Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). *Journal of Food Engineering*, 69(1): 61-66.
- [24] Baryeh, E. A. 2002. Physical properties of millet. *Journal of Food Engineering*, 51(1): 39-46.
- [25] Karimi, M., Kheiralipour, K., Tabatabaeefar, A., Khoubakht, G.M., Naderi, M. and Heidarbeigi, K. 2009. The effect of moisture content on physical properties of wheat. *Journal of Nutrition*, 8(1): 90-95.
- [26] Kheiralipour, K., Karimi, M., Tabatabaeefar, A., Naderi, M., Khoubakht, G. and Heidarbeigi, k. 2008. Moisture-Depend Physical Properties of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Technology*, 4(1): 53-64.
- [27] Tabatabaeefar, A. 2003. Moisture-dependent physical properties of wheat. *INTERNATIONAL Agrophysics*, 17:207-211.

Evaluating the biological, physical and chemical characteristics of wheat grain under different temperatures and concentrations of O₂, N₂ and CO₂

Maghsoudloo, A.¹, Jafari, S. M.^{2*}, Alehosseini, E.³, Shahkoohmahaly, E.⁴, Alehosseini, A.⁵, Assadpour, E.⁶

1. PhD Student of Food Chemistry, Department of Food Science and Technology, University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Materials and Process Design Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resource and Cereal Health Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.
3. Graduated MSc, Department of Food Materials and Process Design Engineering, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Science and Research Branch, Amol, Iran.
4. Graduated MSc, Department of Food Science and Engineering, Islamic Azad University, Sari Science and Research Branch, Sari, Iran.
5. PhD Student of Food Materials and Process Design Engineering, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science & Technology, Mashhad, Iran.
6. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Baharan Institute for Higher Education, Gorgan, Iran.

(Received: 2015/10/12 Accepted: 2016/04/02)

Wheat is a cereal grain that constitutes on the average, one-third of the total grain products. In this study performed for the first time in Iran, the effects of cleaning (0 and 100 %), storage temperature (20 and 40 °C) and time (2, 4, 6 and 8 week) and different doses of carbon dioxide, nitrogen and oxygen (as air, 90% N₂+10% O₂, 90% CO₂+10% O₂ and 45% CO₂+ 45% N₂+ 10% O₂) within the stored wheat packages on the biological (useful and non useful loss), physical (hectoliter, thousand seed weight) and chemical (acidity, pH and ash) characteristics of wheat grain variety n-80 in Golestan province, were investigated. The results showed that the effect of cleaning ($P < 0.01$) and storage time and gas levels ($P < 0.05$) on useful loss of wheat were significant. Also, useful loss of wheat grains decreased from 1.4788% in the packaging contains 45% CO₂ and N₂ to 1.0625% in the packaging contains 90% CO₂. Non useful loss decreased 93.3% with the rise of cleaning level and increased 84.9% with increasing storage time. Hectoliter of wheat grain increased at higher levels of cleaning and storage time to the values of 0.71% and 16.44%, respectively. Thousand seed weight by a high correlation coefficient ($R^2=1$) increased with rising levels of cleaning. The effect of temperature and storage time and their interaction on the pH value of wheat grain were significant ($P < 0.05$). Finally, ash content of wheat grain by a high correlation coefficient ($R^2=1$) increased when extending storage time.

Keywords: Wheat, Cleaning, Temperature, Storage time, Gas injection.

*Corresponding Author E-Mail Address: smjafari@gau.ac.ir