

پژوهشگر گرامی جناب آقای شاهرخ جبرائیلی

سلام علیکم

احتراما با کمال خوشوقتی به اطلاع می رساند بر اساس ارزیابی های انجام شده مقاله ارسالی جنابعالی با عنوان:

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آثرودینامیکی دانه جو لاین های برتر استان گلستان

کد 2113

نویسندگان: شاهرخ جبرائیلی* ، سیدمهدی جعفری، حبیب اله میرزایی ، علیرضا قدس ولی و مهدی قره خانی

به عنوان مقاله کامل پژوهشی، جهت چاپ در یکی از شماره های آینده مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی پذیرفته شده است. لذا ضمن عرض تبریک به مناسبت پذیرش مقاله، امیدواریم در آینده نیز شاهد پژوهشها و فعالیتهای علمی پربرتری از جنابعالی باشیم. ضمنا به استحضار می رساند به محض مشخص شدن تاریخ دقیق چاپ، مراتب به اطلاع خواهد رسید.

دکتر امیر حسین الهامی راد

مدیر داخلی مجله علمی - پژوهشی علوم و فناوری غذایی



مقالات این نشریه در تارگه پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (www.isc.gov.ir)، مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (www.sid.ir) و بانک اطلاعات نشریات کشور (www.magiran.com) نمایه می شود.
ISSN:2251-6476

شاهرخ جبراییلی^۱ (دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان)
Email: sh.jabrayili@yahoo.com

سیدمهدی جعفری^۲، حبیب اله میرزایی^۲، علیرضا قدس ولی^۳ و مهدی قره خانی^۴

^۲. هیئت علمی، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳. استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

^۴. دانشجوی دکتری صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

خصوصیات فیزیکی دانه جو به منظور طراحی تجهیزات فرآوری و نقل و انتقال در این تحقیق تعیین شد. خصوصیات فیزیکی مورد بررسی شامل طول، عرض، ضخامت، قطر هندسی، ضریب کرویت، وزن هزاردانه، دانسیته توده ای، دانسیته ذره ای و تخلخل بودند که در بین ۶ لاین استان گلستان شامل EBYT-۸۸-۲، EBYT-۸۸-۴، EBYT-۸۸-۶، EBYT-۸۸-۱۴، EBYT-۸۸-۱۷ و EBYT-۸۸-۲۰ تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد مطالعه قرار گرفت. در بین خصوصیات فیزیکی بررسی شده لاین EBYT-۸۸-۲ بیشترین میزان طول دانه را داشت. از نظر میزان عرض، ضخامت، قطر هندسی و وزن هزاردانه بیشترین میزان مربوط به لاین EBYT-۸۸-۴ بود که به ترتیب برابر با ۳/۵۹ سانتیمتر، ۲/۸ سانتیمتر، ۴/۷۵ سانتیمتر و ۳۸/۰۵۳ گرم بود. کمترین میزان ضریب کرویت مربوط به لاین EBYT-۸۸-۲ بود که اختلاف معنی داری با لاین EBYT-۸۸-۱۷ نداشت. دانسیته توده ای و دانسیته ذره ای لاین های مختلف تفاوت معنی داری با یکدیگر داشت. بیشترین و کمترین میزان مربوط به لاین EBYT-۸۸-۴ و EBYT-۸۸-۶ به ترتیب بودند. درصد تخلخل نیز در بین لاین های مختلف از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت.

کلمات کلیدی

خصوصیات فیزیکی، دانسیته توده ای، دانسیته ذره ای و تخلخل

۱. مقدمه

توسعه پایدار اقتصادی در کشورهای در حال توسعه خصوصا با شرایط اقلیمی و کشاورزی مشابه ایران، در گرو پیشرفت بخش کشاورزی به عنوان بخش غالب در اشتغال زایی است. تنها راه حل جهت تأمین درآمد ارزی برای سالهای نه چندان دور، جلوگیری از ارزیابی مواد غذایی و کاهش وابستگی به واردات مواد غذایی است. در این راستا بی شک نقش صنایع تبدیلی_غذایی به عنوان یک اهرم تعیین کننده غیر قابل انکار است. جو با نام علمی *Hordeum vulgare* از جمله محصولات زراعی استراتژیک و مورد

حمایت سیاست‌های نوین کشاورزی و جزو نباتات علوفه‌ای کشور می‌باشد. در دنیا محققین و مراکز تحقیقات بین‌المللی علاوه بر کیفیت علوفه‌ای به کیفیت مالتینگ ارقام جو توجه خاصی دارند. در ایران نیز در سال‌های اخیر این موضوع از ارزش ویژه‌ای برخوردار گردیده است. جو یکی از مهمترین گیاهان خانواده غلات می‌باشد و از نظر میزان تولید در مرتبه پنجم پس از گندم و برنج و ذرت و سیب زمینی قرار دارد (FAO, ۱۹۹۵). گیاه جو در ابتدا فقط به عنوان علوفه مورد استفاده قرار می‌گرفت. جو بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم است که کشت آن به حدود ده هزار سال پیش باز می‌گردد. از جو به طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی استفاده می‌شود، که مورد اخیر مهم‌ترین کاربرد آن است (بریگز، ۱۹۹۸). در جهان جو با سطح زیر کشت ۵۶ میلیون هکتار و تولید سالیانه ۱۵۴ میلیون تن از جمله محصولات زراعی مهم به شمار می‌رود. سطح زیر کشت آن در ایران ۱/۳ میلیون هکتار با عملکرد ۱/۵۴ تن در هکتار و تولید سالیانه ۲ میلیون تن می‌باشد. میزان مصرف سالیانه جو در ایران حدود ۴ میلیون تن می‌باشد (United States Department of Agriculture, ۲۰۰۹). اندازه دانه جو یکی از عوامل مهم تولید مالت با کیفیت بالا است زیرا طی مرحله خیساندن، دانه‌های جو با اندازه مختلف، میزان جذب آب متفاوتی داشته و در طول مالت‌سازی سرعت اصلاح شدن آندوسپرم آنها با هم فرق می‌کند. دانه‌های کوچک با قطر کمتر از ۲/۲mm نسبت به دانه‌های بزرگ‌تر تمایل بیشتری به جذب رطوبت دارند از طرفی دانه‌های کوچک نسبت به دانه‌های بزرگ‌تر مقدار ازت زیادتری دارند (آگو، ۲۰۰۳). به طور غیر مستقیم اختلاف معنی‌داری موجود در قطر و طول دانه‌های جو می‌تواند به پتانسیل آنزیمی واریته‌های آن کمک نماید (آگو و پالمیر، ۱۹۹۸). معمولاً از ریزترین دانه‌ها یا غربال شده‌ها برای غذای حیوان استفاده می‌شود گاهی نیز از آنها مالت با عصاره کم اما غنی از آنزیم تهیه می‌گردد (فرانسیس، ۲۰۰۰).

ترکیبات شیمیایی جو

کربوهیدرات‌های جو به دو دسته کربوهیدرات‌های نشاسته‌ای و غیر نشاسته‌ای تقسیم می‌شوند. مقدار نشاسته به عنوان کربوهیدرات‌های نشاسته‌ای در دانه‌های درشت ۶۵-۵۸٪ می‌باشد. دانه جو دربردارنده سهم نسبتاً بالایی از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای بخصوص بتاگلوکان (در حدود ۷-۴٪) می‌باشد (دندی و دبرژیک، ۲۰۰۱).

حدود ۷۰٪ دیواره سلولی را بتاگلوکان تشکیل می‌دهد، لذا مقدار آنزیم بتاگلوکوناز دارای اهمیت زیادی است (کنت و اورس، ۱۹۹۴). پنتوزان یک ترکیب ویسکوز محلول در آب است که طی فرایند خیساندن کاهش می‌یابد (کوک، ۱۹۶۲).

پروتئین‌های دانه جو شامل گلوتهلین‌ها (۴۱/۴٪)، پرولامین‌ها (۳۷/۴٪) (شاخص این دسته هورثین است که از جمله پروتئین‌های نامحلول در آب به شمار می‌آید و قسمت اعظم مواد پروتئینی دانه را تشکیل می‌دهد)، گلوبولین‌ها (۱۸/۵٪) و آلبومین‌ها (۲/۹٪) هستند. دانه جو مانند سایر غلات از نظر اسیدآمینه لیزین فقیر است (دندی و دبرژیک، ۲۰۰۱).

مقدار چربی جو معمولاً حدود ۳/۵٪ است که ۲/۵٪ آن در جوانه و لایه آلورون وجود دارد (کیتراپاول و همکاران، ۲۰۰۵). آنزیم لیپاز و لیپوکسیداز که در هیدرولیز چربی‌ها مؤثرند در جو وجود دارند. لیپواکسیداز توانایی ایجاد تغییر در اسیدهای چرب آزاد و منوگلیسیریدها را دارد که بدین ترتیب باعث پیشرفت فرایند لیپولیز می‌گردد (کنت و اورس، ۱۹۹۴).

جو دارای ۲-۳٪ خاکستر است و از میان مواد معدنی موجود مقدار آهن از سایر عناصر بیشتر است. از جمله ویتامین‌های موجود در جو می‌توان به نیاسین، B_۶، تیامین و E اشاره کرد (کیتراپاول و همکاران، ۲۰۰۵).

جو منبع خوبی از مواد مغذی است و دربردارنده ۹۴٪ محتوای انرژی قابل هضم می‌باشد. سطوح اسیدهای آمینه ضروری بخصوص لیزین در جو نسبت به دانه‌های دیگر بالاتر می‌باشد. همچنین جو نسبت به دانه‌های دیگر دارای فسفر بیشتری می‌باشد که قابلیت دسترسی نسبتاً بالایی از لحاظ زیستی دارند. هزینه پایین و سطوح بالاتر مواد مغذی قابل دسترس، منجر به پیشرفت اقتصادی بیشتر جو نسبت به دانه‌های غلات دیگر به منظور استفاده در رژیم‌های غذایی، شده است (طباطبائی، ۲۰۰۷).

جو به میزان ۵٪ در تولیدات غذایی، ۶۵٪ در خوراک دام و ۳۰٪ در فراورده‌های مالت و نوشیدنی‌های الکلی استفاده می‌شود. ضریب تبدیل مواد اولیه و خام به محصولات صنعتی غذایی حدود ۱/۶ بوده و در بین صنایع تولید مواد غذایی بیشترین ضریب تبدیل را به ترتیب اهمیت صنایع آردسازی، نوشابه‌های غیر الکلی و نانوبی دارا می‌باشند. ارتقاء اقتصاد کشورهای در حال توسعه خصوصاً با شرایطی مشابه کشور ما در گرو پیشرفت و تولید محصولات صنعتی، غذایی و کشاورزی می‌باشد (قدس ولی، ۱۳۸۵).

هدف از انجام این تحقیق خصوصیات فیزیکی لاین های دانه جو به منظور طراحی تجهیزات فرآوری و نقل و انتقال مورد مطالعه قرار گرفت.

۲. مواد و روشها

لاین های مورد استفاده (EBYT-۸۸-۲، EBYT-۸۸-۴، EBYT-۸۸-۶، EBYT-۸۸-۱۴، EBYT-۸۸-۱۷ و EBYT-۸۸-۲۰) از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد و پس از تمیزکاری خصوصیات فیزیکی نمونه های جو طبق روش های زیر اندازه گیری شد. بوجاری نمونه های جو با استفاده از الک و به صورت دستی صورت گرفت. با استفاده از کولیس میزان قطر، عرض و ضخامت دانه ها اندازه گیری شد. برای محاسبه میزان قطر هندسی از رابطه (۱) و ضریب کرویت از رابطه (۲) استفاده می کنیم (محسنین، ۱۹۸۰).

$$D = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

L اندازه قطر، W اندازه عرض و T اندازه ضخامت دانه بر حسب سانتی گراد است.

$$\Phi = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L \times 100} \quad \text{رابطه (۲)}$$

۵۰ گرم نمونه بوجاری شده توزین و در سل دستگاه شمارنده یا کنتادور قرار داده شد سپس با تنظیم سرعت شمارش دانه، ۱۰۰۰ عدد دانه به طور اتوماتیک شمارش و سپس توزین آنها با استفاده از ترازوی دیجیتال (مارک Sartorius مدل TE۳۱۳S، ساخت کشور کانادا) انجام گرفت. و به عنوان وزن هزار دانه گزارش گردید.

اندازه گیری دانسیته توده ای^۱، دانسیته ذره ای یا کرنل^۲ و تخلخل^۳ نمونه ها:

برای محاسبه دانسیته توده ای از ظرف استوانه ای شکل با حجم معلوم استفاده می کنیم. روش کار بدین صورت است که ظرف مورد نظر ابتدا بطور کامل با دانه های جو پر می شود و سپس مقدار اضافی دانه ها را با استفاده از یک میله شیشه ای بدون اعمال هیچگونه فشاری با پنج حرکت زیگزاگی حذف می کنیم وزن ظرف خالی و پر از نمونه های جو را یادداشت می کنیم و حجم ظرف نیز مشخص است. برای محاسبه وزن خالص نمونه های جو را بر حجم تقسیم کرده و نتیجه را بصورت درصد گزارش می کنیم (کاشانی نژاد و همکاران، ۲۰۰۸).

دانسیته ذره ای یا کرنل با استفاده از پیکنومتر و براساس قانون جابجایی سیال (تولون) حجم ۱۰ دانه توزین شده (m_k) در دمای $20^{\circ}C$ محاسبه شد (اوگوت، ۱۹۹۸؛ سینگ و گوسوامی، ۱۹۹۶). تخلخل نمونه ها نیز از نسبت دانسیته توده ای به دانسیته ذره ای با استفاده از رابطه زیر بدست می آید (محسنین ۱۹۸۰):

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_k}\right) \times 100$$

۳. تجزیه و تحلیل آماری داده ها

در این تحقیق تاثیر نوع لاین بر روی خصوصیات فیزیکی شامل طول، عرض، ضخامت، قطر هندسی، ضریب کرویت، وزن هزاردانه، دانسیته توده ای، دانسیته ذره ای و تخلخل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد و نتایج بدست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح احتمال $1/0.1$ ($P_r < 0.1$) و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون

^۱ Bulk density

^۲ Kernel density

^۳ Porosity

چند دامنه ای دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SAS ۹.۱ و رسم نمودارها با نرم افزار Excel ۲۰۱۰ صورت گرفت.

۴. نتیجه گیری:

۴-۱ ابعاد

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر نوع لاین مورد استفاده بر روی ابعاد شامل طول، عرض و ضخامت در سطح احتمال ۱٪ ($P_r < 0.01$) موثر و معنی دار است. نتایج نشان داد که در بین ۶ لاین مورد استفاده، لاین ۲-۸۸-EBYT بیشترین میزان طول را نسبت به سایر لاین ها داشت و لاین ۲۰-۸۸-EBYT کمترین میزان را از نظر میزان طول به خود اختصاص داد. محدوده داده های بدست آمده برای طول دانه های جو لاین های مختلف بین ۱۱/۲۱-۸/۷۵ سانتیمتر بود. در مورد عرض و ضخامت نیز لاین ۴-۸۸-EBYT بیشترین مقدار را در هر دو بعد به خود اختصاص داد و کمترین میزان عرض دانه و ضخامت نیز مربوط به لاین ۱۷-۸۸-EBYT بود که نتایج بدست آمده مشابه با نتایج عرب عامریان و همکاران در سال ۱۳۹۰ در مورد دو واریته صحرا و یوسف (D5) مطابقت داشت (جدول ۱).

۴-۲ ضریب کرویت و قطر هندسی

تجزیه واریانس طرح کاملاً تصادفی نتایج اندازه گیری قطر هندسی و ضریب کرویت لاین های مختلف نشان داد که بین اثر تیمارها در سطح احتمال ۱٪ ($P_r < 0.01$) اختلاف معنی داری وجود دارد. محدوده داده های بدست آمده برای قطر هندسی و ضریب کرویت بترتیب بین ۳/۶-۴/۷۵ سانتیمتر و ۳۹/۲-۴۶/۹۹٪ بود (جدول ۱).

۴-۳ وزن هزاردانه

تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده برای وزن هزاردانه لاین های مختلف حاکی از آنست که اختلاف معنی داری بین لاین های مختلف وجود دارد. دامنه داده های بدست آمده برای وزن هزاردانه لاین های مختلف جو بین ۲۶/۲۵-۳۸/۰۵ گرم بود. در بین ۶ لاین مختلف، تنها لاین ۴-۸۸-EBYT بیشترین میزان را از نظر وزن هزاردانه نسبت به سایر لاین ها داشت (جدول ۱).

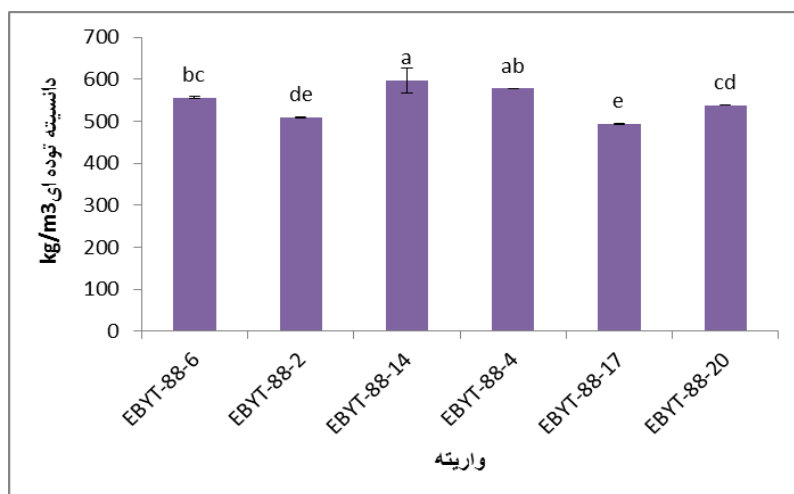
جدول ۱: خصوصیات فیزیکی لاین های جو استان گلستان

شخص	طول (سانتیمتر)	عرض (سانتیمتر)	ضخامت (سانتیمتر)	قطر هندسی (سانتیمتر)	ضریب کرویت	وزن هزاردانه (گرم)	رقم
EBYT-۸۸-۲	۱۱/۲۱۶±۰/۰۵۸ ^a	۳/۰۸۶±۰/۰۵۸ ^d	۲/۴۲۳±۰/۰۳۸ ^c	۴/۳۷۷±۰/۰۴۶ ^b	۳۹/۰۲۰±۰/۲۱۵ ^c	۳۵/۴۷۶±۰/۵۵۰ ^b	
EBYT-۸۸-۴	۱۰/۶۷۰±۰/۰۵۳ ^b	۳/۵۹۰±۰/۰۳۲ ^a	۲/۸۰۰±۰/۰۵۶ ^a	۴/۷۴۹±۰/۰۲۰ ^a	۴۴/۵۱۶±۰/۲۵۴ ^b	۳۸/۰۵۳±۰/۰۹۶ ^a	
EBYT-۸۸-۶	۹/۴۳۶±۰/۰۴۰ ^d	۳/۳۸۶±۰/۰۲۰ ^b	۲/۶۵۳±۰/۰۳۴ ^{ab}	۴/۳۹۲±۰/۰۳۱ ^b	۴۶/۵۴۷±۰/۲۵۹ ^a	۳۲/۸۳۳±۰/۳۰۰ ^c	
EBYT-۸۸-۱۴	۹/۷۸۳±۰/۰۲۰ ^c	۳/۲۴۰±۰/۰۵۵ ^c	۲/۶۳۶±۰/۰۷۴ ^b	۴/۳۷۰±۰/۰۲۰ ^b	۴۴/۶۶۸±۰/۲۷۵ ^b	۳۲/۳۴۶±۰/۲۴۳ ^c	
EBYT-۸۸-۱۷	۹/۱۹۰±۰/۰۷۴ ^e	۲/۹۰۰±۰/۰۳۵ ^e	۱/۷۶۰±۰/۰۵۵ ^d	۳/۶۰۵±۰/۰۶۱ ^d	۳۹/۲۲۸±۰/۳۶۲ ^c	۲۶/۲۵۳±۰/۰۲۰۴ ^e	
EBYT-۸۸-۲۰	۸/۷۵۰±۰/۰۷۲ ^f	۳/۱۸۰±۰/۰۴۰ ^{cd}	۲/۵۰۰±۰/۰۱۵ ^{bc}	۴/۱۱۱±۰/۰۱۰ ^c	۴۶/۹۹۶±۰/۳۳۰ ^a	۳۱/۰۷۳±۰/۰۸۶ ^d	

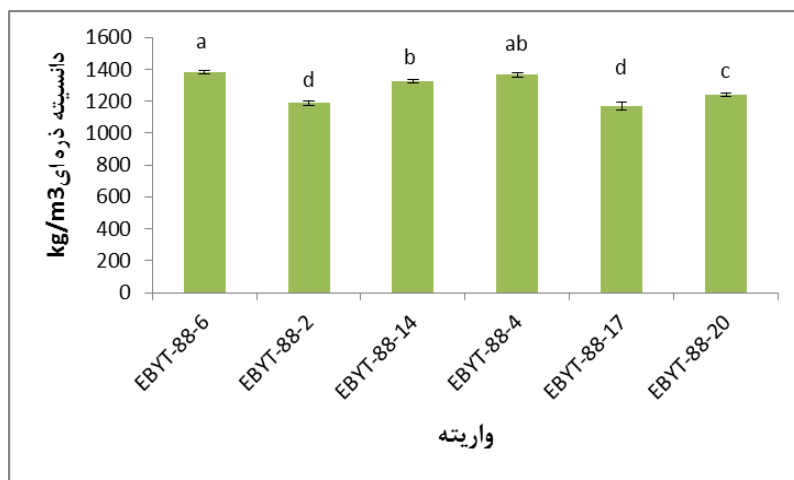
۴-۴ دانسیته توده ای، دانسیته ذره ای و تخلخل

دانسیته توده ای در طراحی سیستم های خشک کن و هوادهی به دلیل مقاومت به جریان هوای یک توده انباری مورد استفاده قرار می گیرد. دانسیته توده ای، دانسیته ذره ای و تخلخل می تواند قیف های سایزبندی دانه ها مناسب باشد و انبارداری دانه ها را آسان می کند. این خصوصیات می توانند سرعت انتقال حرارت و انتقال جرم رطوبت را در طی فرآیندهای هوادهی خشک کردن تحت تاثیر قرار دهند. با توجه به جدول تجزیه واریانس لاین های مختلف دانه جو می توان بیان کرد که اختلاف معنی داری بین لاین های مختلف وجود دارد ($P_r < 0.01$). دامنه داده های بدست آمده برای دانسیته توده ای ۴۹۳/۹۶-۵۹۶/۷۷

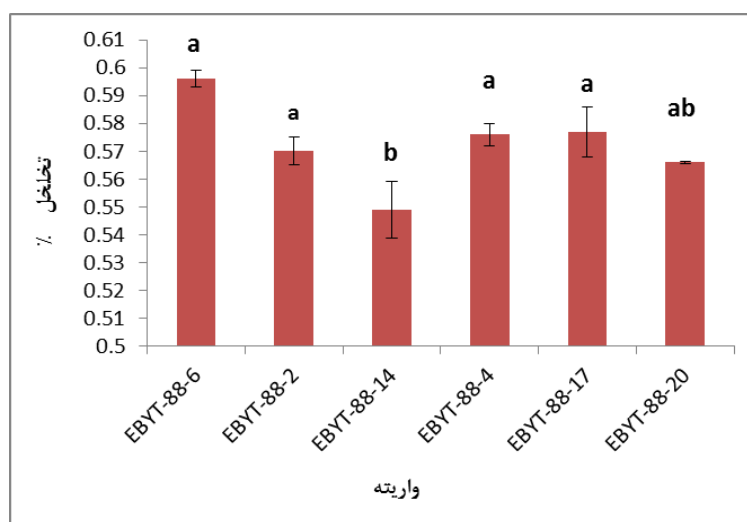
کیلوگرم بر مترمکعب (نمودار ۱) و برای دانسیته ذره ای بین ۱۱۷۰/۵۷-۱۳۸۰/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب (نمودار ۲) بود. اما نتایج تجزیه واریانس در مورد تخلخل نشان داد که بین لاین های مختلف دانه جو تفاوت معنی داری وجود ندارد (نمودار ۳).



نمودار ۱: میزان دانسیته توده ای لاین های جو استان گلستان



نمودار ۲: میزان دانسیته ذره ای لاین های جو استان گلستان



نمودار ۳: میزان تخلخل لاین های جو استان گلستان

۵. منابع:

عرب عامریان - ف. ۱۳۹۰. بررسی اثر فرآیند مالت سازی بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مالت حاصل از دو رقم جو صحرا و یوسف (D5). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار.

قدس ولی - ع. ر. ۱۳۷۵. مقایسه ارقام جو برتر و امید بخش جهت استخراج عصاره مالت. گزارش طرح پژوهشی وزارت کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۲۴۳ ص.

Agu, R. C. (۲۰۰۲). A Comparison of Maize, Sorghum and Barley as Brewing Adjuncts. *Journal of the Institute of Brewing*. ۱۰۸(۱), ۱۹-۲۲

Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R., & Young, T. W. (۱۹۹۰). *Malting and brewing science, (malt and sweet wort)*, ۲nd ed. London: Chapman and Hall. pp. ۳۸۷.

Dendy, D. A. V. & Dobraszczyk, B. J. (۲۰۰۱). *Cereal and products: chemistry and technology*. Aspen Publishers, Inc, ۴۲۳p.

Francis, F. J. (۲۰۰۰) - *Interscience. Wiley encyclopedia of food science and technology*. ۳rd Edition, A wiley publication, Canada, Vol. ۱, ۱۵۳-۱۷۱, Vol. ۳, pp. ۱۵۱۷-۱۵۲۰.

Kashaninejad, M., Ahmadi, M., Daraei, A. and Chabra, D. ۲۰۰۸. Handling and frictional characteristics of soybean as a function of moisture content and variety. *Powder Technology*, ۱۸۸: ۱-۸.

Kent, N. L. & Evers, A. D. (۱۹۹۴). *Technology of cereals*. ۴th ed. Wood Head Publishing, ۲۲۰p.

Khetarpaul, N. Grewal, R. & Jood, S. (२००२). Bakery science and cereal technology. Daya Publishing House, Dehli, २११ p.

Mohsenin, N.N. १९८०. Physical Properties of Plants and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, NW, New York.

Ogut, H. १९९८. Some physical properties of white lupin. Journal of Agricultural Engineering Research, २६: २१३-२१४.

Palmer, G. H. (१९१२). Influence of endosperm structure on extract development. Proceedings of the American Society of Brewing Chemists, ११: १-१८.

Singh, K.K. and Goswami, T.K. १९९६. Physical properties of cumin seed. Journal of Agricultural Engineering Research, ६९: ९३-९८