

بررسی ارتباط و تعیین اثر رقم و زمان جوانه‌زنی بر میزان پروتئین، بتاگلوکان و فیبر خام در فرآیند تولید مالت ارقام مختلف جو

مریم محمدی^۱، مهسا بختیاری فرد^۲، فرناز دستمالچی^{۱*}

^{۱*} استادیار پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده های کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، سازمان ملی استاندارد ایران، کرج، ایران.

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد، علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد صفادشت، تهران، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۹

چکیده

با توجه به اهمیت پروتئین، فیبر خام و بتاگلوکان، به‌عنوان مهم‌ترین فیبر انحلال‌پذیر در رژیم غذایی، این پژوهش با هدف بررسی ارتباط و تعیین اثر رقم و زمان جوانه‌زنی بر میزان پروتئین، بتاگلوکان و فیبر خام در ۶ رقم جو و مالت جو حاصل از آن اجرا گردید. برای تعیین تاثیر زمان جوانه‌زنی بر ویژگی‌های مورد نظر، در روز سوم (پیش مالت) و ششم (مالت)، پس از خیساندن جو نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها از نظر میزان رطوبت، پروتئین، فیبر خام و بتاگلوکان آزمایش و بررسی شدند. تحلیل آماری نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین دو عامل میزان پروتئین در ارقام جو و دو زمان جوانه‌زنی و اثر متقابل آنها وجود دارد. تفاوت معنی‌داری بین مقدار فیبر خام ارقام جو در سطح ۵ درصد دیده شد. مقدار فیبر خام در دو زمان جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری نداشت ولی تفاوت بین میزان بتاگلوکان در دو زمان جوانه‌زنی و ارقام در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین بتاگلوکان مالت جو، نسبت به پیش مالت و دانه جو وجود دارد و مالت جو دارای بتاگلوکان بیشتری بود. همچنین مالت تولید شده از رقم صحرا، دارای بیشترین میزان بتاگلوکان بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.494$) بین مقدار بتاگلوکان و پروتئین مشاهده شد بدین معنی که با افزایش میزان پروتئین، بتاگلوکان نیز افزایش یافت.

واژه های کلیدی: جو، مالت، بتاگلوکان، فیبر خام، پروتئین

مقدمه

جو با نام علمی *Hurdeum vulgare* یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین غلات مورد استفاده در مالت‌سازی است (Briggs 2002). جو از گذشته‌های دور تا به امروز منبع غذایی بسیار مهم در بسیاری از نقاط دنیا مانند آفریقا، اروپای شرقی و مناطق مختلفی از آسیا همچون ژاپن، هند، کره و خاورمیانه بوده است (Newman 2006). جو دارای میزان مطلوبی نشاسته، پروتئین، ویتامین، بتاگلوکان و مواد مغذی دیگری است که این مقادیر بر حسب وارسته متفاوت است و به دلیل نقش حفاظتی پوشینه آن در حین جا به جایی، جوانه زنی یکنواخت، تولید مقدار کافی از آنزیم‌های آب‌کافتی

مانند پروتئازها و آمیلازها، در دسترس بودن و سهولت ارقام مختلف آن، دمای نسبتاً پایین برای ژلاتینه شدن گرانول‌های نشاسته و سهولت عصاره گیری و بازده بالای آن از اهمیت بالایی برخوردار است (Skendi et al., 2010). فرآیند تشکیل مالت شامل جوانه زدن دانه‌های سالم غلات، به‌ویژه جو، تحت شرایط خاص دمایی و رطوبتی در زمان مشخص است به نحوی که در این شرایط آندوسپرم دانه که تامین‌کننده رشد جوانه است تحت اثر واکنش‌های بیوشیمیایی و تجزیه آنزیمی قرار می‌گیرد. در این حالت، دانه‌ها منبع سرشاری از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌های تجزیه

- شده، انواع ویتامین های B و آنزیم ها به ویژه آنزیم های تجزیه کننده نشاسته هستند (ISIRI, 20801).
- در سال‌های اخیر، دانه جو به عنوان ترکیبی غذا - دارو و عملگر اهمیت یافته‌است و به عنوان دانه غذایی مناسب برای استفاده در رژیم غذایی شناخته شده است، به این دلیل که حاوی مقادیر بسیار زیادی فیبر انحلال‌پذیر از جمله بتاگلوکان است (Zurbau et al., 2021). فیبرها به دو گروه فیبرهای انحلال‌پذیر و انحلال‌ناپذیر تقسیم می‌شوند. این ترکیبات حرکت مواد غذایی را در دستگاه گوارش تسهیل و با اتصال به چربی، از افزایش وزن جلوگیری می‌کنند. امروزه تغذیه‌شناسان مصرف ۲۰-۴۰ گرم فیبر را در رژیم غذایی روزانه پیشنهاد کرده‌اند (Pino et al., 2021). سازمان غذا و داروی آمریکا نیز اعلام کرده است که مصرف فیبرهای رژیمی انحلال‌پذیر، از جمله بتاگلوکان، نقش مؤثری در کاهش اندیس گلیسمی و کلسترول خون دارد، به طوری که مصرف روزانه ۳ گرم بتاگلوکان در رژیم غذایی در کاهش کلسترول خون و کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی مؤثر است (FDA (2005).
۱. کاهش مدت زمان عبور مواد از روده و افزایش احساس سیری.
 ۲. جلوگیری از یبوست و کاهش خطر ابتلا به سرطان کولون و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیره.
 ۳. کاهش کلسترول خون.
 ۴. کاهش میزان گلوکز خون و کاهش انسولین در ارتباط با کنترل دیابت.
 ۵. کاهش فاکتورهای موثر در بیماری‌هایی مانند چاقی، چربی خون بالا، بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان، فشار خون بالا.
 ۶. تقویت سیستم ایمنی بدن و فعال سازی لوکوسیت‌ها، فعالیت ضدتوموری.
 ۷. تغییرات مطلوب در پروفایل میکروبی روده.
- با توجه به اهمیت بتاگلوکان و فیبر خام در دانه جو، در این تحقیق مقدار بتاگلوکان و فیبر خام در شش رقم جو، در دو زمان جوانه‌زنی و تشکیل مالت اندازه‌گیری و ارتباط آن‌ها با هم بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد

جامعه آماری شامل شش رقم جو دو و شش ردیفه، پیش مالت و مالت تولید شده بود. شش رقم دانه‌های جو شامل رقم‌های صحرا، یوسف، نیمروز، ریحان، گوهران و ریحان ۰۳ با استفاده از الک به صورت دستی بوجاری و در آب خیسانده شد. مدت زمان خیساندن ۲۴ ساعت به طول انجامید و هر شش ساعت یک بار آب نمونه‌های جو تعویض شد. پس از مرحله خیساندن، نمونه‌های جو آبکشی و به دستگاه ژرمیناتور (شرکت حکیم آزما تجهیز) با رطوبت ۹۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سلسیوس منتقل شد. در این شرایط، جوانه‌زنی حدود شش روز به طول می‌انجامد. برای تهیه پیش مالت، پیش از مرحله جوانه‌زنی (سه روز)، مقداری از نمونه‌های جو از ژرمیناتور خارج، خشک و آسیاب شد. پس از جوانه زدن کامل جوها (شش روز)، نمونه‌ها از ژرمیناتور بتاگلوکان پلی‌ساکاریدی غیرنشاسته‌ای و انحلال‌پذیر در آب است که در دیواره سلولی دانه‌های غلاتی مانند جو، یولاف، گندم، چاودار، سورگوم و برنج یافت می‌شود؛ این پلی‌ساکارید در ساختار دیواره سلولی مخمرها، باکتری‌ها، جلبک‌ها نیز وجود دارد. از لحاظ ساختاری، در دانه‌های غلات بتاگلوکان متشکل از زنجیره‌های خطی با واحدهای بتا-دی گلوکوپیرانوز است که با پیوندهای بتا (۱→۳) و بتا (۱→۴) به هم متصل شده‌اند در حالی که بتاگلوکان مخمر ناوایی نوع متفاوتی از پیوند را دارد و از واحدهای بتا (۱→۳) و بتا (۱→۶) تشکیل شده است. بتاگلوکان به دلیل آرایش انعطاف‌پذیر آن، در آب انحلال‌پذیر است و معمولاً محلول‌های آن ویسکوزیته بالایی دارند. از اثرهای سلامتی بخش بتاگلوکان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Pino et al., 2021, Zurbau et al., 2021).

خارج، خشک و آسیاب شدند که حاصل این فرآیند، مالت جو بود.

برای خشک کردن نمونه‌ها از آون (Heraeus) با دمای ۶۰-۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت استفاده

شد (ISIRI, 2705). بدین ترتیب ۱۸ نمونه شامل شش نمونه جو، شش نمونه پیش مالت و شش نمونه مالت جو تولید شد.

ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش مطابق جدول ۱ و با درجه آنالیز بوده و از شرکت های معتبر تهیه شدند.

روش های آزمون

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از جدول‌های تجزیه و تحلیل آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و آزمون دانکن^۱ به اجرا درآمد و مقایسه بین نمونه‌ها بر مبنای مقایسه میانگین دوتایی به روش آزمون t نمونه مستقل^۲ صورت گرفت (0.05 < P). نتایج تجزیه همبستگی به روش پیرسون به دست آمد.

آزمون‌های زیر با ۳ تکرار روی تیمارها اجرا و رطوبت برای محاسبه پروتئین، فیبرخام و بتاگلوکان برحسب ماده خشک اندازه‌گیری شد:

۱- اندازه‌گیری رطوبت مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵، غلات و فرآورده‌های آن- روش اندازه‌گیری رطوبت (روش مرجع).

۲- اندازه‌گیری پروتئین مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۰۵۲، غلات و حبوبات - اندازه‌گیری میزان

جدول ۲ مقادیر میانگین فیبر خام، بتاگلوکان و پروتئین را در ارقام مختلف جو، پیش مالت جو و مالت جو نشان می‌دهد.

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در آزمون‌ها

Table 1. Chemical compounds used in tests

کشور	شرکت تولید کننده	ترکیبات شیمیایی
Country	Manufacturing company	Chemical
Germany	Merck	Sulfuric acid
Germany	Merck	Catalyst
Germany	Merck	Hydrochloric acid
Germany	Merck	Sodium phosphate
Germany	Merck	Sodium acetate
Germany	Sigma	Lichenase
Germany	Sigma	Beta-glucosidase
Germany	Sigma	Peroxidase
Germany	Sigma	Glucose oxidase
Ireland	megazyme	Enzyme kit

² Independent-Sample t-test

¹ Duncan

جدول ۲. مقایسه میانگین فیبر خام، بتاگلوکان و پروتئین در ارقام مختلف جو، پیش مالت و مالت جو

Table 2. Comparison of average crude fiber, beta-glucan and protein in different varieties of barley, pre-malted and malted barley

Treatment	Variety	Protein (%)	Beta-glucan (%)	Fiber (%)
Barley	Sahra	15.585 ± 0.3 ^B	2.206 ± 0.05 ^{FG}	0.061 ± 0.01 ^{EFG}
	Yousof	19.075 ± 0.35 ^A	1.871 ± 0.05 ^G	0.081 ± 0.02 ^{ABCD}
	Reyhan 03	13.169 ± 0.45 ^C	1.852 ± 0.05 ^G	0.072 ± 0.02 ^{BCDEF}
	Nimrooz	13.038 ± 0.5 ^C	2.549 ± 0.07 ^{DEF}	0.085 ± 0.02 ^{AB}
	Reyhan	12.906 ± 0.6 ^C	2.305 ± 0.06 ^{FG}	0.065 ± 0.02 ^{CDEFG}
	Goharan	11.2 ± 0.65 ^{DEF}	2.265 ± 0.06 ^{FG}	0.081 ± 0.01 ^{ABCD}
Pre malt	Sahra	119 ± 0.4 ^{CDE}	3.061 ± 0.07 ^{BC}	0.064 ± 0.02 ^{DEFG}
	Yousof	15.619 ± 0.65 ^B	2.096 ± 0.05 ^{FG}	0.078 ± 0.01 ^{ABCDE}
	Reyhan 03	9.756 ± 0.5 ^{GH}	1.959 ± 0.05 ^G	0.086 ± 0.02 ^{AB}
	Nimrooz	8.969 ± 0.5 ^H	2.183 ± 0.07 ^{FG}	0.065 ± 0.01 ^{CDEFG}
	Reyhan	9.144 ± 0.6 ^H	2.199 ± 0.05 ^{FG}	0.057 ± 0.01 ^{FG}
	Goharan	8.79 ± 0.6 ^H	2.091 ± 0.05 ^{FG}	0.084 ± 0.01 ^{ABC}
malt	Sahra	12.556 ± 0.7 ^{CD}	4.254 ± 0.08 ^A	0.065 ± 0.02 ^{DEFG}
	Yousof	12.25 ± 0.8 ^{CD}	3.03 ± 0.05 ^{BC}	0.064 ± 0.02 ^{DEFG}
	Reyhan 03	10.019 ± 0.95 ^{FGH}	3.252 ± 0.06 ^B	0.086 ± 0.02 ^{AB}
	Nimrooz	10.806 ± 0.8 ^{EFG}	2.931 ± 0.07 ^{BC}	0.052 ± 0.01 ^G
	Reyhan	12.363 ± 0.9 ^{CD}	3.114 ± 0.08 ^{BC}	0.073 ± 0.01 ^{BCDEF}
	Goharan	9.022 ± 0.8 ^H	2.736 ± 0.08 ^{CDE}	0.097 ± 0.02 ^A

The results are reported as mean ± standard deviation. Non-similar lowercase letters in each column indicate significant differences (P<0.05).

نتایج بر حسب میانگین ± انحراف معیار گزارش شده اند. حروف غیر مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد (P<0.05).

تفاوت معنی‌داری با هم ندارد. بنابراین، تاثیر رقم در این

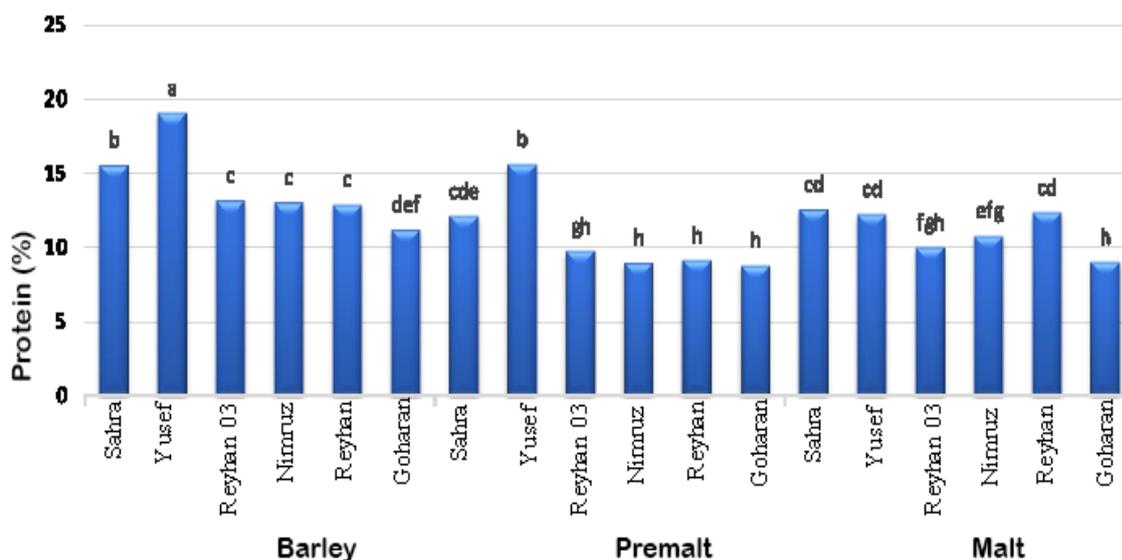
میزان پروتئین

ویژگی در مراحل مختلف جوانه زنی مشهود است.

میزان فیبر

شکل ۲ میانگین نتایج میزان فیبر خام را در تمامی ارقام جو و مراحل مختلف پیش مالت و مالت به صورت تفکیک شده به روش دانکن نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مقایسه میانگین فیبر خام در مراحل مختلف جوانه‌زنی مشخص شده است، در آزمون اندازه‌گیری فیبر خام، هیچ تفاوت معنی‌داری بین میانگین نتایج ارقام در مراحل جو، مالت و پیش مالت مشاهده نمی‌شود. در نتیجه، برابر شکل ۲ میانگین نتایج فیبر خام در رقم‌های صحرا، یوسف، ریحان ۰۳، نیمروز، ریحان و گوهران در تیمارهای مختلف جو، پیش مالت و مالت تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین میانگین مقدار فیبر خام در مراحل مختلف جوانه‌زنی مشاهده نشد.

شکل ۱ مقایسه میانگین میزان پروتئین ارقام صحرا، یوسف، ریحان ۰۳، نیمروز، ریحان و گوهران به صورت تفکیک شده در مراحل جو، پیش مالت و مالت را به روش دانکن نشان می‌دهد. برابر این شکل، جو دارای بالاترین میانگین پروتئین است و تفاوت معنی‌داری را با مالت و پیش مالت‌ها نشان می‌دهد، رقم یوسف در دانه جو دارای بالاترین میزان پروتئین است و تفاوت معنی‌داری (P<0.05) با سایر ارقام در مراحل جوانه‌زنی دارد. این رقم از نظر میزان پروتئین نیز در همه مراحل مورد بررسی، دارای میانگین بالاتری نسبت به بقیه ارقام است. رقم گوهران در همه زمان‌های جوانه زنی کمترین مقدار پروتئین را بین ارقام دارد. در مرحله مالت، میزان پروتئین ارقام نیمروز و ریحان بیشتر از میزان پروتئین پیش مالت است در حالی که میزان پروتئین در رقم یوسف در مرحله پیش مالت بیشتر است؛ میزان پروتئین در بقیه ارقام



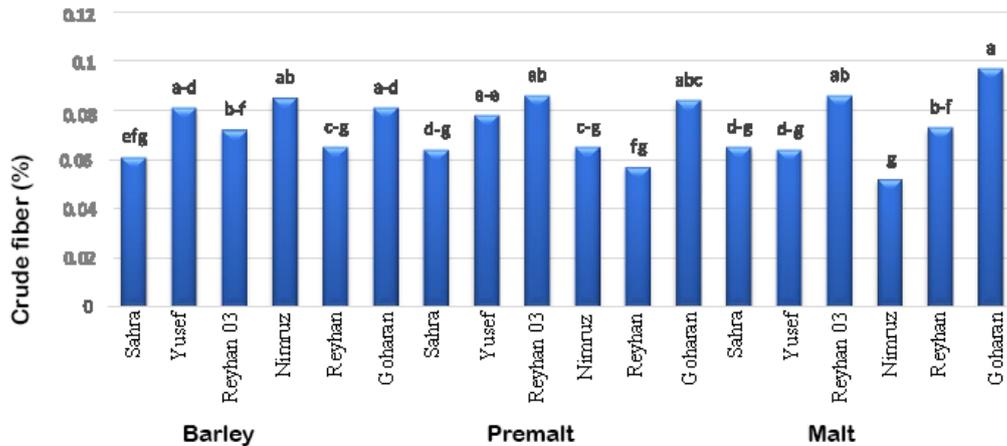
شکل ۱. مقایسه میانگین میزان پروتئین در ارقام مختلف جو، پیش مالت و مالت (حروف کوچک غیر مشابه اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد ($P < 0.05$))

Figure 1. Comparison of the average amount of protein in different varieties of barley, pre-malt and malt (Non-similar lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$))

نشان می‌دهد که ارقام گوهران و نیمروز در مرحله مالت به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین میانگین فیبر خام هستند. با توجه به شکل اثر متقابل، مشاهده می‌شود ارقام گوهران و ریحان ۰۳ در همه مراحل جوانه‌زنی دارای مقدار فیبر خام بالاتر و ارقام صحرا و ریحان در همه زمان‌های جوانه زنی دارای مقدار فیبر خام پایین‌تری هستند. مقدار فیبر خام رقم گوهران به ترتیب در مراحل جو، پیش‌مالت و مالت کاهش یافته است. رقم گوهران در مرحله مالت اختلاف معنی‌داری با سایر ارقام در مراحل مختلف جو، پیش‌مالت و مالت دارد. در دانه جو، رقم صحرا دارای کمترین میانگین فیبر خام و رقم گوهران دارای بالاترین میانگین فیبر خام است. در پیش‌مالت جو، ریحان کمترین میانگین و ریحان ۰۳ بیشترین میانگین فیبر خام را دارد. در مالت جو نیز رقم گوهران دارای بیشترین و نیمروز دارای کمترین میانگین میزان فیبر خام است.

نتایج مقایسه میانگین فیبر خام، به روش دانکن نشان داد که رقم گوهران با میانگین ۰/۰۸۷ دارای بالاترین میانگین فیبر خام است و با وجود افزایش میزان فیبر در مراحل مختلف جوانه‌زنی، تفاوت معنی‌داری در مرحله پیش‌مالت و مالت دیده نمی‌شود. رقم صحرا دارای کمترین میانگین فیبر خام است و در مراحل مختلف جوانه‌زنی، تغییر معنی‌داری نشان نمی‌دهد. میانگین فیبر خام ارقام ریحان و نیمروز اختلاف معنی‌داری ندارند. میان ارقام گوهران و ریحان ۰۳ نیز تفاوت معنی‌داری در مقدار فیبر خام وجود ندارد. در نتیجه رقم گوهران و ریحان به ترتیب با میانگین‌های ۰/۰۸۷ و ۰/۰۶۵ دارای بالاترین مقدار فیبر خام بوده‌اند. فیبر خام رقم گوهران، تفاوت معنی‌داری با فیبر خام بقیه ارقام به جز رقم ریحان ۰۳ نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۲، نتایج مقایسه میانگین فیبر خام در زمان‌های مختلف جوانه‌زنی در ارقام مختلف به روش دانکن



شکل ۲. مقایسه میانگین میزان فیبر خام در ارقام مختلف جو، پیش‌مالت و مالت (حروف کوچک غیر مشابه اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) را نشان می‌دهند)

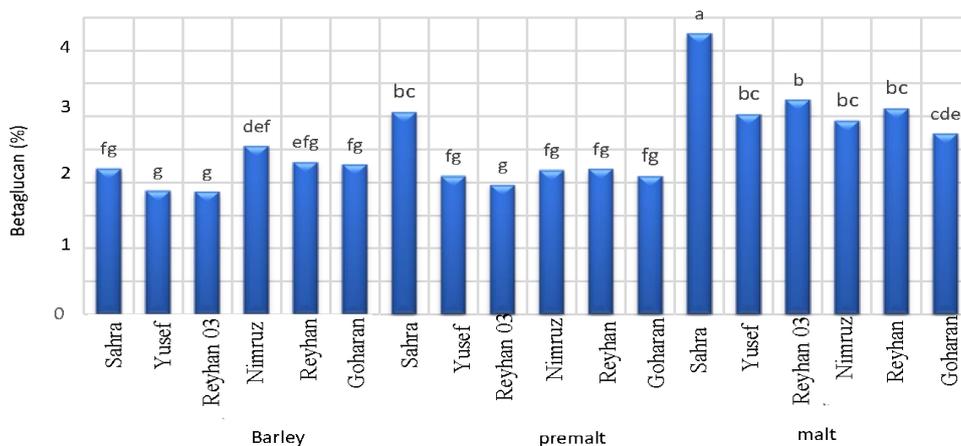
Figure 2. Comparison of the average amount of crude fiber in different varieties of barley, pre-malt and malt (Non-similar lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$))

میزان بتاگلوکان در مرحله مالت و پس از آن جو و پیش‌مالت،

میزان بتاگلوکان

مقدار بتاگلوکان در تمامی ارقام جو، پیش‌مالت و مالت به صورت تفکیک شده به روش دانکن نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین‌های مقدار بتاگلوکان نشان می‌دهد مرحله مالت دارای بالاترین میانگین بتاگلوکان است و تفاوت معنی‌داری با بقیه ارقام دارد. مقدار بتاگلوکان رقم صحرا در پیش‌مالت تفاوت معنی‌داری با مقدار بتاگلوکان بقیه ارقام دارد. در مقدار بتاگلوکان بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

شکل ۳ میانگین نتایج میزان بتاگلوکان را در تمامی ارقام جو، پیش‌مالت و مالت به صورت تفکیک شده به روش دانکن نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین‌های مقدار بتاگلوکان نشان می‌دهد مرحله مالت دارای بالاترین میانگین بتاگلوکان است و تفاوت معنی‌داری با بقیه زمان‌های جوانه‌زنی نشان می‌دهد. از طرفی، بین پیش‌مالت و دانه جو تفاوت معنی‌داری از نظر میزان بتاگلوکان وجود ندارد. در نتیجه، بیشترین



شکل ۳. مقایسه میانگین بتاگلوکان در زمان‌های مختلف جوانه زنی و ارقام متفاوت (حروف کوچک غیر مشابه اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد ($P < 0.05$))

Figure 3. Comparison of the average amount of beta-glucan in different varieties of barley, pre-malt and malt (Non-similar lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$))

مقدار بتاگلوکان در دانه جو، رقم نیمروز تفاوت معنی - نتیجه مالت جو دارای بتاگلوکان بیشتری نسبت به جو و داری با مقدار بتاگلوکان بقیه ارقام در پیش مالت دارد. ارقام یوسف و ریحان ۰۳ در دانه جو و مرحله پیش‌مالت دارای پایین‌ترین مقدار بتاگلوکان بودند. با توجه به شکل اثر متقابل مشاهده می‌شود که همه ارقام در مرحله مالت دارای مقدار بتاگلوکان بالاتری نسبت به مراحل پیش مالت هستند و در میان فیبر خام، بتاگلوکان و پروتئین را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج تجزیه همبستگی
Table 3. Correlation analysis results

	Protein	Beta- glucan	Crude fiber
Crude fiber			1
Beta- glucan		1	-.248
Protein	1	.494	-.089

نتایج تجزیه همبستگی به روش پیرسون نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بتاگلوکان و پروتئین ($r=0.494$) وجود دارد، بدین معنی که با افزایش بتاگلوکان، مقدار پروتئین نیز افزایش می‌یابد. با توجه به ماهیت ژنتیکی متفاوت ارقام جو مورد مطالعه، این ارقام دارای مقادیر فیبر خام متفاوتی هستند، رقم گوه‌ران دارای بالاترین مقدار فیبر خام است. وجود تفاوت معنی‌دار فیبر خام در ارقام مختلف جو را زانگ و همکاران (Zhang, *et al* 2001) نیز گزارش داده‌اند. این محققان با مطالعه اثر رقم و محیط بر مقدار پروتئین و بتاگلوکان در جو مشاهده کردند که مقدار پروتئین و بتاگلوکان در مناطق مختلف و ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. محققان در بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی جو پوشینه‌دار و بدون پوشینه به منظور تولید مالت در دو لاین و رقم صحرا مشاهده کردند تفاوت معناداری بین ارقام از لحاظ ویژگی‌های درصد نیتروژن کل، خاکستر، pH و بتا-گلوکان وجود دارد (Sari 2010). در بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی جو پوشینه‌دار و بدون پوشینه به منظور تولید مالت در دو لاین و رقم صحرا گزارش شده است طی مالت سازی، درصد نیتروژن کل،

خاکستر، pH و بتا-گلوکان جوها کاهش می‌یابد و تقریباً ۷۰-۷۳ درصد کل بتا-گلوکان دانه پس از فرآیند مالت سازی تجزیه می‌شود (Sari 2010), (Jurkaninová *et al.*, 2024) که این نتایج با مشاهدات تحقیق حاضر که در آن مقدار بتاگلوکان در مالت افزایش یافته است مغایرت دارد. تفاوت در نتایج ناشی از تاثیر ارقام متفاوت و فعالیت آنزیمی است، به طوری که کاهش بتاگلوکان با افزایش فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز روی می‌دهد و اگر این آنزیم فعالیت نداشته باشد شاهد افزایش میزان بتاگلوکان خواهیم بود. نتایج به دست آمده در مورد بتاگلوکان و پروتئین نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین زمان‌های جوانه زنی، ارقام و اثر متقابل زمان جوانه زنی و رقم است. در صنعت آبجوسازی، مقدار بالای بتاگلوکان مانع تجزیه کامل دیواره سلولی می‌شود و عملکرد مالت را کاهش می‌دهد. مقدار بتاگلوکان باقی‌مانده در مالت همچنین می‌تواند مشکلاتی را در فیلتراسیون و رسیدن آبجو ایجاد کند. انتظار می‌رود مالت‌گیری بیشتر با مقدار بتاگلوکان کمتر در دانه جو و فعالیت بتاگلوکاناز بیشتر در مالت وابسته باشد. به عبارتی، هرچه فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز بیشتر باشد مقدار بتاگلوکان کمتر می‌شود.

کردند که در مرحله رسیدگی دانه مقدار پروتئین و بتاگلوکان همبستگی مثبت و معنی داری نشان می‌دهند. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان‌دهنده همبستگی مثبت و معنی داری بین بتاگلوکان و پروتئین که با نتایج این محققان مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

مالت‌سازی فرایندی پیچیده بیوتکنولوژیکی و شامل مراحل خیساندن، جوانه‌زدن دانه جو و خشک کردن مالت سبز در شرایط کنترل شده دما و رطوبت است (Jones 2005). مهم‌ترین هدف مالت‌سازی سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک و تجزیه دیواره سلولی، پروتئین و نشاسته آندوسپرم است که منجر به افزایش تردی و شکنندگی مطلوب دانه می‌گردد (Celuse, et al 2006). در دهه اخیر توجه به گسترش صنایع نوشابه‌سازی (نوشابه‌های مالتی غیر الکلی) و کاربرد انواع مالت به‌عنوان منبع آنزیمی و شیرین‌کننده در صنایع پخت، قنادی و غذای کودک موجب شده است نیاز به اصلاح ارقام پرمحصول جو مناسب مالت‌سازی بیش از پیش مورد توجه صنایع واقع شود. نتایج این پژوهش نشان داد، مالت جو نسبت به پیش‌مالت و دانه جو دارای بتاگلوکان بیشتری است و تفاوت معنی‌داری نیز با دیگر زمان‌های جوانه‌زنی دارد. مالت تولید شده از جو رقم صحرا بیشترین میزان بتاگلوکان را داشته است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بتاگلوکان و پروتئین مشاهده شده است، بدین معنی که با افزایش پروتئین، بتاگلوکان نیز افزایش می‌یابد.

موضوعات مهمی که در ادامه پژوهش حاضر پیشنهاد می‌گردد شامل بررسی فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز، تأثیر آن بر میزان بتاگلوکان، چگونگی فعالیت و اقداماتی است که باعث کاهش یا افزایش فعالیت بتاگلوکاناز می‌شود و نیز بررسی موارد مذکور در مالت سایر غلات نیز از جمله واردی است که باید مورد بررسی قرار گیرند.

نتایج به دست آمده نشان‌دهنده متفاوت بودن پاسخ ارقام در زمان‌های مختلف جوانه‌زنی است. رقم صحرا در مرحله مالت بالاترین میانگین بتاگلوکان را دارد ولی در مراحل دیگر مقدار آن نسبت به دیگر ارقام پایین‌تر است. ارقام یوسف و ریحان ۰۳ در کل مرحله پیش‌مالت پایین‌ترین مقدار بتاگلوکان را دارند و این‌گونه پاسخ متفاوت ارقام بیانگر زمینه ژنتیکی و واکنش‌های متفاوت ارقام به شرایط مختلف است. در نتیجه میزان بتاگلوکان به رقم نمونه بستگی دارد.

جبراییلی و همکاران (Jabrayili et al., 2014) در بررسی میزان بتاگلوکان و فعالیت بتاگلوکاناز در دانه و مالت لاین‌های جو برتر استان گلستان مشاهده کردند که فرایند مالت‌سازی روی میزان بتاگلوکان و فعالیت بتاگلوکاناز در دانه جو و مالت جو موثر است و میزان بتاگلوکان و فعالیت بتاگلوکاناز به ترتیب به میزان قابل توجهی کاهش و افزایش یافته‌اند که با نتایج تحقیق حاضر که در آن مقدار بتاگلوکان در مالت افزایش یافته مغایرت دارد.

در تحقیقی دیگر، وانگ و همکاران (Wang et al., 2004) با بررسی تغییرات مقدار بتاگلوکان و فعالیت بتاگلوکاناز در مراحل قبل و بعد از مالت‌سازی و ارتباط آن با ویژگی‌های مالت مشاهده کردند که تغییرات مقدار بتاگلوکان در مالت بیشتر از دانه جو است و همبستگی منفی و معنی‌داری با بتاگلوکاناز دارد. این محققان همچنین مشاهده کردند که ارقام مختلف جو دارای مقادیر مختلف بتاگلوکان هستند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در تحقیقی، قائمی و همکاران (Ghaemi et al., 2013) تاثیر مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی را روی میزان فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز و تاثیر آن بر ویژگی‌های عصاره مالت جو را بررسی و گزارش کردند که بتاگلوکان همبستگی مثبت و معنی‌داری با پروتئین کل و همبستگی منفی و معنی‌داری با راندمان مالت‌سازی دارد.

در بررسی دیگری، مارتینز و همکاران (Martínez et al., 2018) رابطه پروتئین و بتاگلوکان را در جو بررسی و مشاهده

تعارض منافع

نویسندگان در زمینه انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافی تجاری در این راستا ندارند.

منابع

- Jurkaninová, L. & Dvořáček, V. Gregusová, V. & Havrlentová, M. (2024). Cereal β -D-Glucans in food processing applications and nanotechnology research. *Foods*, 13(500), 1-21
- Briggs, D. E. (2002). Malt modification—a century of evolving views. *Journal of the Institute of Brewing*. 108(4), 395-405.
- Celus, I., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2006). The effects of malting and mashing on barley protein extractability. *Journal of Cereal Science*, 44(2), 203-211.
- US Food and Drug Administration. (2005). Health claims: soluble fiber from certain foods and coronary heart disease. *Fed Regist*, 70, 76150.
- Ghaemi, P., Qudsvali. A. R., Seydin Ardabili. M., Faghani. A., & Bakhshabadi. H. (2013). Investigating the effect of soaking time and germination of barley cultivars on the amount of beta-glucan and the qualitative characteristics of the resulting malt. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 6(1), 33-43. [in Persian].
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2015. Cereals and pulses – Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content – kjeldahl method. *INSO no 19052*. 1st. revision, Karaj, Iran [in Persian].
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2016. Barley malt- specifications and test methods. *INSO no 20801*. 3rd revision, Karaj, Iran [in Persian].
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2020. Cereal and cereal products, Determination of moisture content (Reference method). *INSO no 2705-1*. 2ed. revision, Karaj, Iran [in Persian].
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2020. Determination of fiber. *ISIRI no 3105*. 3rd revision, Karaj, Iran. [in Persian].
- Jabayili, S., Jafari, M., Mirzaei, H., & Qudsvali. A. R. (2014). The Effect of Malting Process on Physicochemical and Aerodynamic Characteristics of Two Barley Line of Golestan Province. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(12), 87-96. [in Persian].
- Jones, B. L., & Lookhart, G. L. (2005). Comparison of endoproteinases of various grains. *Cereal chemistry*, 82(2), 125-130.
- Martínez, M., Motilva, M. J., de Las Hazas, M. C. L., Romero, M. P., Vaculova, K., & Ludwig, I. A. (2018). Phytochemical composition and β -glucan content of barley genotypes from two different geographic origins for human health food production. *Food chemistry*, 245, 61-70.
- Pino, J. L., Mujica, V., & Arredondo, M. (2021). Effect of dietary supplementation with oat β -glucan for 3 months in subjects with type 2 diabetes: A randomized, double-blind, controlled clinical trial. *Journal of Functional Foods*, 77, 104311.
- Sari, M. (2010). Investigating the physical and chemical characteristics of coated and non-coated atmosphere for malt production. Master's thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran [in Persian].
- Skendi, A. Biliaderis, C. Papageorgiou, M. & Izydorczyk, M. (2010). Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*. 119(3):1159-67.
- Wang, J. Zhang, G. Chen, J. & Wu, F. (2004). The changes of β -glucan content and β -glucanase activity in barley before and after malting and their relationships to malt qualities. *Food chemistry*. 86 (2):223-228.
- Zhang, G. Chen, J. Wang, J. & Ding S. (2001). Cultivar and Environmental Effects on (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -D-Glucan and Protein Content in Malting Barley. *Journal of Cereal Science*. 34, 295–301.
- Zurbau, A., Noronha, J. C., Khan, T. A., Sievenpiper, J. L., & Wolever, T. M. (2021). The effect of oat β -glucan on postprandial blood glucose and insulin responses: a systematic review and meta-analysis. *European journal of clinical nutrition*, 75(11), 1540-1554.

Original Research

Investigating the Relationship and Determining the Effect of Cultivar and Germination Time on the Amount of Protein, Beta-Glucan and Crude Fiber in the Malt Production Process of Different Varieties of Barley

M. Mohammadi¹, M. Bakhtiary fard², F. Dastmalchi^{1*}

* **Corresponding Author:** Assistant Professor, Food Technology and Agricultural Products Research Center - Standard Research Institute - Iranian National Standards Organization (INSO)- Karaj, Iran.

Email: farnazdastmalchi@yahoo.com

Received: 24 October 2022 **Accepted:** 9 May 2023

http://doi: 10.22092/FOODER.2025.360393.1350

Abstract

Considering the importance of protein, crude fiber and beta-glucan, as the most important soluble fiber in the diet, this research aims to investigate the relationship and determine the effect of cultivar and germination time on the amount of protein, beta-glucan and crude fiber in 6 varieties of barley and barley malt obtained. To determine the effect of germination time on the desired characteristics, sampling was done on the third day (pre-malt) and sixth day (malt) after barley soaking, and the samples were tested and analyzed for moisture content, protein, crude fiber and beta-glucan. The results of statistical analysis showed that there was a significant difference between the two factors of protein amount in barley cultivars and different times of germination and their interaction at the level of 5%. There was a significant difference between crude fiber content of barley cultivars at the level of 5%. The amount of crude fiber at different times of germination did not differ significantly, but there was a significant difference between the amount of beta-glucan at different times of germination and cultivars at the level of 1%. The results of this research showed that barley malt had more beta-glucan than pre-malt and barley grain, in addition barley malt had a significant difference with other germination times. Malt produced from cultivar of Sahra, had the highest amount of beta-glucan. A positive and significant correlation ($r=0.494$) between beta-glucan and protein was observed, meaning that with the increase of protein, beta-glucan also increased.

Key words: Barley, Malt, Beta-Glucan, Protein, Fiber