مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۱/ شماره ۳/سال ۱۳۸۹/ص ۷۰-۵۵

بررسی اختلاط مالت منابع غلاتی جهت استفاده در صنایع پخت و تولید نوشابه‌های مالتی غیر الکلی

علیرضا قدس‌ولی*

* نگارنده مسئول، استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، نشانی: گرگان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، ص.پ. ۳۶۳-۴۹۱۶۵، تلفن: ۳۳۵۰۰۶۳(۰۱۷۱)؛ پیام نگار: qodsevali@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۱۰

چکیده

ویژگی‌های کمّی و کیفی (راندمان استخراج عصارهٔ گرم، راندمان استخراج عصارهٔ سرد، قدرت دیاستاتیک، پروتئین کل و پروتئین انحلال‌پذیر، شاخص تغییرات اصلاحی نیتروژن یا شاخص کلباچ، میزان رنگ و فعالیت بتاگلوکاناز) مالت‌های تهیه شده از دانه‌های غلاتی جو رقم صحرا، گندم رقم تجن، و تریتیکاله و نیز مخلوط‌های مالتی تهیه شده از آنها در قالب طرح کاملاً تصادفی با هشت تیمار به منظور تعیین تیمارهای بهینه از نظر قدرت دیاستاتیک و راندمان تولید عصاره و تولید مادهٔ اولیهٔ مناسب صنایع نوشابه‌های مالتی و صنایع پخت بررسی و مشخص شد که مالت تریتیکاله و مالت جو صحرا به ترتیب حاوی بیشینه و کمینهٔ شاخص کلباچ هستند (P<۰/۰۵). مالت تریتیکاله و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت تریتیکاله (۹۰ به ۱۰ درصد) حاوی بیشینه و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم (۹۰ به ۱۰ درصد) حاوی کمینهٔ (P<۰/۰۵) راندمان استخراج عصارهٔ گرم هستند. مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم- مالت تریتیکاله (۱۰:۱۰:۸۰) و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم (۸۰ به ۲۰ درصد) به ترتیب بیشینه و کمینهٔ (P<۰/۰۵) قدرت دیاستاتیک را دارند. نتایج همچنین نشان داد که افزودن مالت تریتیکاله (۱۰درصد)، و افزودن مالت گندم و مالت تریتیکاله (هر یک ۱۰درصد) به ترتیب منجر به تولید مادهٔ اولیهٔ مناسب صنایع نوشابه‌های مالتی و صنایع پخت می‌شود.

واژه‌های کلیدی

اختلاط، تریتیکاله، مالت‌سازی، مواد کمکی

مقدمه

جو (*Hordeum vulgar*) با سطح زیر کشت ۵۴ میلیون هکتار در جهان، عملکرد حدود ۲/۶۵ تن در هکتار، و تولید سالیانهٔ حدود ۱۴۳ میلیون تن از مهمترین محصولات زراعی به شمار می‌رود. در ایران، سطح زیر کشت، عملکرد و تولید سالانهٔ جو به ترتیب ۱/۶ میلیون هکتار، ۱/۹۴ تن در هکتار و ۳/۱ میلیون تن و میزان مصرف سالیانهٔ آن حدود ۳/۵ میلیون تن است (Anon, 2009). در مجموع حدود دو سوم سطح زیرکشت جو در کشور به استان‌های خراسان، خوزستان، فارس، و گلستان اختصاص دارد. در دههٔ اخیر با توجه به گسترش صنایع نوشابه‌سازی و کاربرد انواع مالت به عنوان منبع آنزیمی، شیرین کننده، و غیره در صنایع پخت، قنادی و غذای کودک، نیاز به اصلاح ارقام پر محصول جو مناسب مالت‌سازی که مازاد آن بتواند برای مصارف دیگر (تغذیهٔ انسانی و خوراک دام) کاربرد داشته باشد مدنظر قرار گرفته است. در تولید مالت دو روش مشخص وجود دارد یکی روش تولید مالت مناسب برای صنایع نوشابه‌های مالتی غیر الکلی و دیگری روش تولید مالت مناسب برای صنایع قنادی و پخت. در تولید سایر انواع مالت نیز یکی از این دو روش، اما با اِعمال تغییراتی در مراحل مختلف فرایند تولید، به کار گرفته می‌شود. تولید فراوردهٔ مالتی دارای

همهٔ خصوصیات مورد نظر هر دو صنعت (نوشابه‌سازی و پخت)، از یک نوع دانهٔ غلاتی مالتی (مالت خام) با اشکالات بسیاری مواجه است. یکی از راه‌های به رفع این اشکالات، به کار بردن مخلوطی از چند نوع مالت (عملیات واحد اختلاط) است. مشخصات فیزیکی و بیولوژیکی این مالت‌ها متفاوت است تا آنجا که اگر یکی از آنها حذف شود صنعت با مشکلات زیادی مواجه می‌شود و در بعضی موارد بی‌نظمی‌های بسیار در کار کارخانه به وجود خواهد آمد. بنابراین، اختلاط مالت‌ها نقص‌های یکدیگر را از بین می‌برد. این مسئله در تولید مالت دیاستاتیک اهمیّت بیشتری دارد. تحقیقات نشان داده است که ارقام جو کشت شده در استان گلستان، به دلیل توجه بیشتر مراکز دولتی تهیه و تولید بذر به کیفیّت علوفه‌ای (پروتئین بالاتر) نمی‌توانند مادهٔ اولیهٔ مناسبی برای صنعت نوشابه‌سازی مالتی باشند، برای رفع این مشکل باید از مواد کمکی بهره گرفت مانند دانه‌های غلاتی خام، دانه‌های غلاتی پختهٔ سالم، خرده، پک و آرد انواع غلات، دانهٔ کامل جو دوسر مالتی، چاودار، تریتیکاله، گندم، برنج سفید، سورگوم یا مالت‌های خام تهیه شده از آنها و اختلاط آنها با مالت خام تهیه شده از دانهٔ جو (Ghodsvali, 1996ab). مشکل عمدهٔ واحدهای تولید عصارهٔ مالت آن است که در آنها فراورده‌ای تولید نمی‌شود که خصوصیات کمّی و کیفی مورد نظر سایر صنایع از جمله پخت، قنادی، و ماءالشعیر را داشته باشد و لذا به ناچار محصول بی‌کیفیت را به قیمت کمتری عرضه می‌کنند و مشکل عمدهٔ صنایع پخت، قنادی، و ماءالشعیر روبه‌رو بودن با مادهٔ اولیه یا ماده‌ای افزودنی است که کیفیّت لازم و قابل قبول را ندارد و بالطبع در فرایند تولید محصولات مشکلاتی به وجود می‌آورد. نتایج این تحقیق متضمّن رفع مشکل صنایع مربوط خواهد بود. در تعدادی پروژه‌های تحقیقاتی تأثیر افزودن مواد کمکی در فرایند مالت‌سازی و تولید نوشابه و صنایع پخت بررسی شده است از جمله: بررسی استفاده‌های عملی از برنج، نشاستهٔ تصفیه شدهٔ ذرت، نشاستهٔ گندم و غلات بو داده به عنوان مواد کمکی در فرایند مالت‌سازی و تولید نوشابه‌های مالتی (Coors, 1976)؛ بررسی امکان استفاده از دانه‌های خام گندم، یولاف و تریتیکاله بدون پیش‌پز کردن در فرایند مالت‌سازی و تولید نوشابه (Koszyk & Lewis, 1977)؛ طبقه‌بندی مواد کمکی بر حسب اینکه در چه مرحله‌ای از فرایند مالت‌سازی به کار برده می‌شوند (Briggs *et al*., 1991)؛ مقایسهٔ ذرت، سورگوم، و جو به عنوان مواد کمکی در صنایع نوشابه‌های مالتی (Agu, 2002)؛ استفاده از تریتیکالهٔ غیر مالتی در صنایع نوشابه‌های مالتی و اثر آن بر کیفیت نوشابه (Glatthar *et al*., 2003)؛ بررسی تغییرات بتا-گلوکان و بتا-گلوکاناز در قبل و بعد از فرایند مالت‌سازی در صورت کاربرد مواد کمکی مختلف (Wang *et al*., 2004)؛ و آنالیز مواد کمکی مختلف (Anon, 1975; Anon, 1976; Anon, 1977). نتایج این تحقیق می‌تواند واحدهای تولید محصولات پخت را از وارد کردن منابع آنزیمی و ارزبر بودن مواد اولیهٔ آنها رها سازد و در نتیجه این امکان برایشان به وجود می‌آید که محصول خود را با قیمت تمام شدهٔ پایین‌تر اما کیفیّت بالاتر عرضه می‌کنند.

اهداف این پروژهٔ تحقیقاتی عبارت است از: تهیهٔ مالت خام آزمایشگاهی از دانه‌های گروه غلات مورد مطالعه، اختلاط انواع مالت تهیه شده با نسبت‌های تعریف شده در آزمایش، تعیین ویژگی‌های کمّی و کیفی (راندمان استخراج عصارهٔ گرم، راندمان استخراج عصارهٔ سرد، قدرت دیاستاتیک، پروتئین کل و انحلال‌پذیر، شاخص تغییرات اصلاحی نیتروژن، میزان رنگ و فعالیت بتاگلوکاناز) مخلوط‌های مالتی تهیه شده و تعیین تیمار یا تیمارهای بهینه از نظر قدرت دیاستاتیک و راندمان تولید عصاره و تولید مادهٔ اولیهٔ مناسب صنایع ماءالشعیر و مادهٔ افزودنی مناسب صنایع پخت است.

مواد و روش‌ها

دانه‌های جو (رقم صحرا)، گندم (رقم تجن)، و تریتیکاله (رقم PGS) از مزارع تکثیری ایستگاه‌های تحقیقاتی گرگان و گنبد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد.

اختلاط دانه‌های مالتی تهیه شده

دانهٔ جو مالتی جزء اصلی تشکیل دهندهٔ مخلوط در نظر گرفته شد و برای تهیهٔ مالت خام یا عصارهٔ مورد نظر هر یک از صنایع پخت و ماءالشعیر، درصدی از مالت خام تهیه‌شده از دانه‌های گندم و تریتیکاله اضافه شد. نسبت‌های مورد نظر مشتمل بود بر: مالت جو و مالت گندم، ۹۰ به ۱۰؛ مالت جو و مالت گندم، ۸۰ به ۲۰؛ مالت جو و مالت گندم، ۷۰ به ۳۰؛ مالت جو، مالت گندم، و مالت تریتیکاله ۸۰ به ۱۰ و به ۱۰؛ مالت جو و مالت تریتیکاله، ۹۰ به ۱۰؛ و شاهد آزمایش، مالت خام تهیه شده از دانهٔ غلاتی جو.

تعیین میزان رطوبت و پروتئین

میزان رطوبت با استفاده از روش ASAE (Anon, 1997) و خشک کردن حدود ۱۰ گرم نمونه در آون با دمای ۲ ± ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت ثابت تعیین شد. میزان پروتئین کل، (۶/۲۵× N)، مطابق روش کجلدال (Anon, 1976) و با استفاده از دستگاه KJELETEC, AutoAnalyser 1030, Tecatoreo تعیین شد.

میزان پروتئین کل و نیتروژن انحلال‌پذیر (۶/۲۵× N) نیز با استفاده از روش کجلدال (Anon, 2003) تعیین شد.

عصارهٔ آب سرد (R.F.S[1])

تعیین فاکتور فوق شامل این مراحل است: اضافه کردن ۲۵ گرم مالت آسیابی نرم به ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، نگهداری به مدت ۲/۵ ساعت در دمای حدود ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد همراه با هم‌زدن در فواصل زمانی ۲۰ دقیقه، صاف کردن با استفاده از کاغذ صافی واتمن نمره ۱، اندازه‌گیری ثقل ویژه مایع آبی حاصل از عملیات صاف کردن خیسانده مالت با توزین واحد حجم (یک میلی‌لیتر) آن به کمک ترازوی حساس (ده هزارم)، تعیین میزان مواد جامد انحلال‌پذیر در ورت[2] حاصل با مراجعه به جدول پلاتو و استفاده از رابطهٔ ۱ (Harris, 1962; Angold *et al*., 1989; Kent-Jones & Amons, 1992):

$$M = \frac{(800+H)E}{100-E} \qquad (۱)$$

که در آن، H= میزان رطوبت مالت مورد استفاده در آزمایش؛ M= میزان عصارهٔ تهیه شده (به درصد)؛ و E= عصارهٔ پلاتو (بریکس خوانده شده از جدول پلاتو) است.

راندمان استخراج عصاره یا عصارهٔ آب گرم[3] (H. W. E.)

تعیین فاکتور فوق شامل این مراحل است: الف- تهیهٔ ورت آزمایشگاهی به روش زمان‌بندی درجه حرارتی، بدین ترتیب که ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای ۴۶ درجهٔ سانتی‌گراد به ۵۰ گرم آرد نرم مالت اضافه و پس از مخلوط کردن به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری، در دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری می‌شود، دمای مالت خیسانده تا ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد (هر دقیقه یک درجهٔ سانتی‌گراد افزایش دما) بالا برده می‌شود و پس از اضافه کردن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به آن، به مدت ۶۰ دقیقه در ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود ب) تعیین ثقل ویژهٔ ورت تهیه شده. پ) مراجعه به جدول پلاتو و تعیین E یا بریکس خوانده شده مربوط. و ت) استفاده از رابطهٔ ۲ (Harris, 1962; Pollock, 1962; Anon, 1975; Anon, 1976; Anon, 1977).

1- Ready Formed Sugar 2- Wort 3- Hot Water Extract

$$M = \frac{(800 + H)E}{100 - E} \qquad (۲)$$

کـه در آن، H= میـزان رطوبـت مالـت مـورد اسـتفاده در آزمایش؛ M= میزان عصارهٔ تهیـه شـده (بـه درصـد)؛ و E= عصارهٔ پلاتو (بریکس خوانده شده از جدول پلاتو) است.

رنگ

رنـگ ورت آزمایـشگاهی تهیـه شـده از انـواع مالـت تولیدی آزمایش با روش اسپکتروفوتومتری و با اسـتفاده از دسـتگاه Novas Pes II سـاخت شـرکت Pharmacia انگلـستان تعیـین مـی‌شـود (Anon, 2005). روش تعیـین فاکتور فـوق شـامل ایـن مراحـل اسـت: الـف) تهیـهٔ ورت آزمایشگاهی به روش زمان‌بندی درجه حرارتی، ب) شـفاف کردن ورت آزمایشگاهی با افزودن ۵ گرم سـلیت بـه ۱۰۰ میلی‌لیتر ورت، پ) مخلوط کردن و نگهـداری بـه مـدت ۵ دقیقه و سپس صاف کردن با استفاده از کاغذ صـافی S&S شماره ۵۹۷، ت) تعیین میـزان جـذب (A) بـا اسـتفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج معادل ۴۳۰ نانومتر، و ج) اسـتفاده از رابطـهٔ ۳. انـدازهٔ کـووت مـورد استفـاده ۱/۲۷ سانتی‌متر است. میزان رنگ بـا تقریـب ۰/۰۵ واحـد بیان شده است.

$$\text{رنگ ورت} = ۱۰ \times A_{۴۳۰} \qquad (۳)$$

قدرت دیاستاتیک

تعیین فاکتور فوق شامل این مراحل است: الف) تهیـهٔ محلول لینتنر نشاسته، ب) انتقال ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول نشاسته بافری شده به یک بـالن ژوژه ۲۰۰ میلـی‌لیتـری و افزودن ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول بالایی عـصارهٔ مالـت تهیـه شده (که فیلتر نشده) به آن و انکوبه کـردن در دمـای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دقیقاً ۱ ساعت، پ) افـزودن ۱۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سـدیم ۱ مـولار و هـم زدن آن، ت) رساندن به حجم و مخلوط کردن کامل، ج) انتقال محلول نشاسته به یک بورت و تیتراسیون ۵ میلـی‌لیتـر از محلول فهلینگ (نسبت ۱ به ۱) محتوی یک قطره معـرف متیلن بلو ۱ درصد (در حال جوش) بـا آن تـا رسـیدن بـه نقطهٔ ختم عمل و ایجاد رنگ با ثبـات قرمـز آجـری، و چ) محاسـبهٔ میـزان قـدرت دیاسـتاتیک بـا توجـه بـه عـدد تیتراسـیون قرائـت شـده و جـدول IOB° (جـدول ۱). (Anon, 2005).

جدول ۱- تعیین قدرت دیاستاتیک نمونه‌های مالت در ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد (جدول IOB °)

عدد تیتراسیون	IOB °	عدد تیتراسیون	IOB °	عدد تیتراسیون	IOB °	عدد تیتراسیون	IOB °	عدد تیتراسیون	IOB °
۱۱/۰	۱۸۱	۱۶/۵	۱۲۱	۲۲/۰	۹۰	۲۷/۵	۷۲	۳۳/۰	۶۰
۱۱/۵	۱۷۳	۱۷/۰	۱۱۷	۲۲/۵	۸۸	۲۸/۰	۷۱	۳۳/۵	۵۹
۱۲/۰	۱۶۶	۱۷/۵	۱۱۴	۲۳/۰	۸۶	۲۸/۵	۷۰	۳۴/۰	۵۸
۱۲/۵	۱۶۰	۱۸/۰	۱۱۱	۲۳/۵	۸۵	۲۹/۰	۶۸	۳۴/۵	۵۷
۱۳/۰	۱۵۳	۱۸/۵	۱۰۸	۲۴/۰	۸۳	۲۹/۵	۶۷	۳۵/۰	۵۷
۱۳/۵	۱۴۸	۱۹/۰	۱۰۵	۲۴/۵	۸۱	۳۰/۰	۶۶	۳۵/۵	۵۶
۱۴/۰	۱۴۲	۱۹/۵	۱۰۲	۲۵/۰	۸۰	۳۰/۵	۶۵	۳۶/۰	۵۵
۱۴/۵	۱۳۷	۲۰/۰	۱۰۰	۲۵/۵	۷۸	۳۱/۰	۶۴	۳۶/۵	۵۴
۱۵/۰	۱۳۳	۲۰/۵	۹۷	۲۶/۰	۷۶	۳۱/۵	۶۳	۳۷/۰	۵۴
۱۵/۵	۱۲۹	۲۱/۰	۹۵	۲۶/۵	۷۵	۳۲/۰	۶۲	۳۷/۵	۵۳
۱۶/۰	۱۲۵	۲۱/۵	۹۳	۲۷/۰	۷۴	۳۲/۵	۶۱	۳۸/۰	۵۲

فعالیت بتاگلوکاناز

روش تعیین فاکتور فوق شامل دو مرحلهٔ اصلی یکی تهیهٔ عصارهٔ آنزیمی و دیگری تعیین فعالیت آنزیمی آن است. تهیهٔ عصارهٔ آنزیمی شامل این مراحل است: الف) الک کردن (اندازه ۰/۵ میلی‌متر)۲۰ گرم مالت آسیابی، ب) توزین دقیقاً ۰/۵ گرم آرد مالت درون لولهٔ سانتریفیوژ، پ) افزودن ۸ میلی‌لیتر از محلول بافر آماده شده به هر لوله و مخلوط کردن کامل، نگهداری به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق، و ج) همزنی منقطع و سانتریفیوژ لوله در ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه. تعیین فعالیت آنزیمی شامل این مراحل است: الف) افزودن ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول سوبسترای آزوگلوکان به درون لولهٔ سانتریفیوژ و نگهداری آن برای مدت ۵ دقیقه در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، ب) افزودن ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول سوبسترای آزوگلوکان و ۰/۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ آنزیمی به هر لولهٔ سانتریفیوژ، پ) مخلوط کردن کامل و انکوبه کردن در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه، ت) اضافه کردن ۳ میلی‌لیتر از محلول رسوب دهندهٔ A یا B و مخلوط کردن، ج) نگهداری لوله‌ها در دمای اتاق به مدت ۵ دقیقه و مخلوط کردن دوباره، چ) سانتریفیوژ کردن لوله و محتویات آن در ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰دقیقه، د) قرائت میزان جذب بخش رویی هر لوله در ۵۹۰ نانومتر، و هـ) محاسبهٔ فعالیت بتاگلوکاناز با استفاده از روابط ۴ و ۵. (Buch, 1986; McCleary & Shameer, 1987; Anon, 2008).

(در صورت استفاده از محلول رسوب دهندهٔ A)

$$y = 630 \times A + 4 \qquad (۴)$$

(در صورت استفاده از محلول رسوب دهندهٔ B)

$$y = 779 \times A + 31 \qquad (۵)$$

که در آن، y= فعالیت بتاگلوکاناز بر حسب واحد در کیلوگرم مالت؛ و A= میزان جذب است.

نحوهٔ جمع‌آوری داده‌ها و تجزیهٔ و تحلیل اطلاعات مورد نیاز

تجزیه و تحلیل آماری در طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار (مالت دانه‌های غلاتی و مالت مخلوط آنها با نسبت مختلف اجزا) در سه تکرار انجام شد. تجزیهٔ واریانس در مورد اکثر فاکتورهای کمّی و کیفی انجام و اثر تیمارها با استفاده از جدول آنالیز واریانس تجزیه و بررسی شد. با بهره‌گیری از آزمون چند دامنه‌ای دانکن بین فاکتورهای کمّی و کیفی مورد نظر (راندمان استخراج عصارهٔ گرم، راندمان استخراج عصارهٔ سرد (R.F.S)، قدرت دیاستاتیک، پروتئین کل و پروتئین انحلال‌پذیر، شاخص تغییرات اصلاحی نیتروژن، رطوبت و میزان رنگ، فعالیت بتاگلوکاناز) در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد اثر تیمارها مقایسه شد. بین خصوصیات مورد اندازه‌گیری، دو فاکتور راندمان عصارهٔ آب گرم و قدرت دیاستاتیک اهمیت بیشتری در این آزمایش داشتند و تقریباً اساس تصمیم‌گیری بودند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های انواع مالت تهیه شده در آزمایش

داده‌های مربوط به تأثیر نمونه بر ویژگی‌های انواع مالت تهیه شده از تیمارهای آزمایش در جدول ۸ آورده شده است. تمامی فاکتورهای کمّی و کیفی اندازه‌گیری شده در مالت‌های تهیه شده در این آزمایش تحت تأثیر بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) نوع نمونه هستند (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) تأثیر نمونه بر ویژگی‌های مالت تهیه شده در تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	پروتئین کل	شاخص کلباچ	راندمان استخراج عصاره گرم	راندمان استخراج عصاره سرد	قدرت دیاستاتیک	فعالیت بتاگلوکاناز
نمونه	۱/۳۶۱***	۳۴/۱۸۸***	۳۵/۷۲۲***	۲۰/۶۹۵***	۹۶/۵۴۸***	۲۴۶۱۴۵۳/۴۲۳***

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده انواع مالت تحت تأثیر نوع نمونه

نمونه	پروتئین کل (N × ۶/۲۵) (درصد)	شاخص کلباچ (درصد)	راندمان استخراج عصاره گرم (درصد)	راندمان استخراج عصاره سرد (درصد)	قدرت دیاستاتیک (°IOB)	فعالیت بتاگلوکاناز (°IOB)
مالت جو	۱۵/۲ ±۰/۲ab	۳۶/۹ ±۰/۳f	۶۷/۶±۰/۹b	۲۲/۶±۰/۳d	۶۲±۲c	۷۱۶ ± ۶d
مالت تریتیکاله	۱۳/۲ ±۰/۶c	۴۷/۶ ±۰/۶a	۷۳/۹±۰/۹a	۲۹/۳±۰/۵a	۶۷ ±۲b	۳۰۲۸ ± ۶۰a
مالت گندم	۱۵/۱ ±۰/۳ab	۳۹/۹±۰/۴c	۶۷/۳ ±۰/۹b	۲۵/۰±۰/۲c	۵۲ ±۱e	۹۷ ± ۳g
مالت جو- مالت گندم (۹۰ به ۱۰)	۱۵/۲±۰/۱ab	۳۷/۶±۰/۶ef	۶۴/۴± ۱/۰d	۲۲/۸±۰/۲d	۶۱±۱cd	۵۴۳ ±۱۰e
مالت جو- مالت گندم (۸۰ به ۲۰)	۱۵/۲ ±۰/۱ab	۳۸/۰ ±۰/۵de	۶۵/۸±۰/۶cd	۲۳/۳±۰/۲d	۵۹ ±۱d	۵۳۳ ± ۳e
مالت جو- مالت گندم (۷۰ به ۳۰)	۱۵/۳ ±۰/۱a	۳۸/۵ ±۰/۲d	۶۶/۶±۰/۸bc	۲۴/۹±۰/۴c	۶۲ ±۱c	۴۰۴ ±۴f
مالت جو- مالت گندم- مالت تریتیکاله (۸۰ به ۱۰ به ۱۰)	۱۴/۸ ±۰/۱b	۳۹/۵±۰/۶c	۶۵/۵ ±۰/۶cd	۲۸/۸±۰/۳a	۷۰±۱a	۷۵۵ ±۵c
مالت جو- مالت گندم (۹۰ به ۱۰)	۱۴/۹±۰/۱ab	۴۱/۰±۰/۶b	۷۲/۶±۰/۴a	۲۶/۷±۰/۲b	۶۷±۲b	۹۸۹ ±۵b

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. نتایج عبارت است از: میانگین SD ± ۳ تکرار

پروتئین کل

نوع نمونه تأثیر کاملاً معنی‌دار (P<۰/۰۱) بر میزان پروتئین کل (N × ۶/۲۵) انواع مالت تهیه شده در این آزمایش داشت (جدول ۲). مقادیر مربوط به تأثیر تیمار نوع نمونه بر میزان پروتئین کل مالت‌های تهیه شده در تیمارهای آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. میزان پروتئین کل تیمار تهیه شده از مخلوط مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۷۰ به ۳۰)، ۱۵/۹ درصد بیش از میزان پروتئین کل تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله است (جدول ۳). مالت تریتیکاله و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۷۰ به ۳۰) به ترتیب حاوی کمینه و بیشینهٔ (P<۰/۰۵) مقدار پروتئین کل هستند (جدول ۳). بین میزان پروتئین مالت جو صحرا و مالت گندم تجن اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) مشاهده نشد.

میزان پروتئین کل شاید به تنهایی معیاری برای تعیین کیفیت مالت محسوب نشود زیرا نسبت بخش انحلال‌پذیر به کل آن نشان دهندهٔ تولید آنزیم‌های جدید در لایهٔ آلرون است که موجب ایجاد تغییرات اصلاحی در اندوسپرم (ذخیره نشاسته‌ای با ماتریکس پروتئین/ کربوهیدات) جهت استفاده جوانه می‌شود. گزارش شده است که معمولاً هرچه میزان پروتئین کل مالت بیشتر باشد، نسبت میزان پروتئین انحلال‌پذیر به میزان پروتئین کل پایین‌تر است. واریته‌هایی که غلظت پروتئین کل آنها در حد معقولی پایین باشد به چند دلیل ترجیح داده می‌شوند: مالت حاوی پروتئین کل کمتر به طور مشخص به معنی وجود کمتر آنزیم و راندمان عصارهٔ بالاتر است، که هر دو خصوصیت مطلوب به شمار می‌آیند. بر عکس، غلظت‌های بسیار پایین پروتئین می‌تواند تأثیر منفی روی عملیات

تخمیر، سلامت مخمر، جسمیت، و احساس دهانی محصول نوشابه نهایی داشته باشد (Briggs *et al*., 1990; Ghodsvali, 1996a; Kihara *et al*, 2002; Kay, 2006).

شاخص کلباچ

جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان شاخص کلباچ انواع مالت تهیه شده در این آزمایش تحت تأثیر کاملاً معنی‌دار (P<۰/۰۱) تیمار نوع نمونه است. جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که میزان شاخص کلباچ تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله ۲۹/۰ درصد بیش از میزان شاخص کلباچ تیمار تهیه شده از مالت جو صحراست و مالت تریتیکاله و مالت جو صحرا به ترتیب دارای بیشینه و کمینهٔ (P<۰/۰۵) میزان شاخص کلباچ هستند. نسبت میزان پروتئین انحلال‌پذیر به میزان پروتئین کل، تحت عنوان شاخص کلباچ یا شاخص تغییرات اصلاحی نیتروژن طی فرایند مالت‌سازی تعریف می‌شود. در مالت‌سازی، دانه‌ای که تا یک اندازه و یا به شکل جزئی جوانه زده است، آنزیم‌هایی در لایهٔ آلرون (خارجی‌ترین لایه اندوسپرم) آزاد می‌کند. آنزیم‌های جدید تولید شده موجب شکستن ماتریکس پروتئین/کربوهیدات اندوسپرم به کربوهیدرات‌های کوچک‌تر، آمینواسیدها، و چربی‌ها، و باز شدن ذخایر نشاسته‌ای دانه می‌شوند. میزان باز شدن گرانول‌های نشاسته با آنزیم‌ها (مانند شکستن اندوسپرم) جهت استفاده برای رشد گیاه (یا تولید کنندگان نوشابه‌های مالتی) تحت عنوان " تغییرات اصلاحی" تعریف می‌شود. این امر شامل تمامی فرایندهای تجزیه پلیمرها است که در مالت‌سازی دیده می‌شود. علاوه بر پروتئین، میزان عصاره با بهبود خصوصیات تغییرات اصلاحی خصوصاً افزایش نسبت کلباچ افزایش می‌یابد. به طور کلی باید یک توازن ظریف و حساس بین پروتئین کل و انحلال‌پذیر وجود داشته باشد. تغییرات اصلاحی خوب و مناسب و عصارهٔ آزاد شده این اجازه را به آنزیم‌های موجود می‌دهد که خصوصیات عملکردی بیشتری داشته باشند. در حالی که در واریته‌ها تغییرات اصلاحی پروتئین که به صورت نسبت پروتئین انحلال‌پذیر به پروتئین کل بیان می‌شود بین ۴۲ تا ۴۴ درصد است، باید تغییرات اصلاحی کامل کربوهیدراتی ایجاد شود. نسبت پروتئین انحلال‌پذیر به پروتئین کل واریته‌ها باید در دامنهٔ ۴۴-۴۲ درصد باشد تا به میزان آلفا- آمیلاز و آمینو نیتروژن آزاد کافی برسند (Pollock, 1962; Anon, 1980; Palmer, 1989; Briggs *et al*., 1990; Kihara *et al*, 2002; Agu, 2003).

راندمان استخراج عصارهٔ گرم

جدول ۲ نشان می‌دهد که تیمار نوع نمونه تأثیری بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) روی میزان راندمان استخراج عصارهٔ گرم انواع مالت تهیه شده در این آزمایش دارد. میزان راندمان استخراج عصارهٔ گرم تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله ۱۴/۸ درصد بیش از میزان راندمان استخراج عصارهٔ گرم تیمار تهیه شده از مالت جو صحرا- مالت تریتیکاله (به نسبت ۹۰ به ۱۰) است (جدول ۳). مالت تریتیکاله و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت تریتیکاله (به نسبت ۹۰ به ۱۰) دارای بیشینه و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۹۰ به ۱۰) دارای کمینهٔ (P<۰/۰۵) میزان راندمان استخراج عصارهٔ گرم هستند (جدول ۳). استخراج با آب گرم در واقع بیانگر کمیت مواد جامد حل شده در ورت شیرین است که در فرایند عصاره‌گیری در مقیاس کوچک، از مالت یا سایر مواد افزوده شده به آرد مالت حاصل می‌شود. این فرایند دو بخش مجزا و مشخص دارد: ابتدا تبدیل یا ساکاریفیه، که طی آن آنزیم‌های موجود در مالت فعال می‌شوند و فرایندهای آنزیمی ادامه می‌یابد و پس از آن استخراج ترکیبات و اجزای انحلال‌پذیر از مالت قبل از جداسازی فازهای جامد و مایع. آنالیز آماری بیانگر این نکته است که از تمامی آنالیزهای انجام شده روی مالت،

تست استخراج با آب گرم بیشترین اطلاعات را در مورد کیفیت مالت تولیدی ارائه می‌دهد و ارتباط خوبی با سایر آنالیزها از جمله مدت زمان استخراج و تولید ورت و حجم و ثقل ویژهٔ ورت جمع‌آوری شده دارد (Pollock, 1962; Ghodsvali, 1976ab; Briggs *et al*., 1990; Owens, 2001). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمونه‌های دارای شاخص کلباچ بالا دارای بیشینهٔ میزان راندمان استخراج عصارهٔ گرم هستند و بالعکس. میزان تغییرات اصلاحی که موجب تولید عصاره می‌شود در بین نمونه‌های مختلف این آزمایش متفاوت است. شاخص کلباچ بالا در واقع نشان دهندهٔ تغییرات اصلاحی پروتئین‌هاست ولی باید در نظر داشت که تغییرات اصلاحی کربوهیدرات‌ها نیز باید به طور کامل در توازن با تغییرات اصلاحی پروتئین باشد. از نظر تجاری، استفاده از تریتیکاله زمانی به بازیابی بسیار بیشتر عصاره می‌انجامد که با سایر موادکمکی معمول مقایسه می‌شود (Pomeranz, 1974). اطلاعات آورده شده در این تحقیق قویاً دلالت بر این موضوع دارد که تریتیکاله می‌تواند یک افزودنی کمکی بسیار مناسب در صنایع تولید کوشاب (ماءالشعیر) باشد.

راندمان استخراج عصارهٔ سرد

برابر جدول ۲، راندمان استخراج عصارهٔ سرد انواع مالت تهیه شده در این آزمایش تحت تأثیر بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) تیمار نوع نمونه است. میزان راندمان استخراج عصارهٔ سرد تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله ۲۹/۶ درصد بیش از راندمان استخراج عصارهٔ سرد تیمار تهیه شده از مالت جو صحراست (جدول ۳). مالت تریتیکاله و مالت‌های حاصل از جو صحرا و مخلوط مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۷۰ به ۳۰) و مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۸۰ به ۲۰) بدون اختلاف معنی‌دار، به ترتیب حاوی بیشینه و کمینهٔ (P<۰/۰۵) راندمان استخراج عصارهٔ سرد هستند (جدول ۴). استخراج با آب سرد نشان دهندهٔ میزان تغییرات اصلاحی پروتئین و کربوهیدرات‌ها در طول جوانه‌زنی است. فعل و انفعالات در تغییرات اصلاحی ناشی از فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده است که میزان آنها طی عملیات مالت‌سازی بسیار افزایش می‌یابد. در اثر فعالیت آنها ترکیبات انحلال‌پذیر تولید می‌شوند از جمله قندها و آمینواسیدها که در داخل دانه خصوصاً اندوسپرم تجمع پیدا می‌کنند. این مواد انحلال‌پذیر در اثر "استخراج با آب سرد" حاصل می‌شوند و در دسترس قرار می‌گیرند. تغییر اندوسپرم با تجزیه‌ی هیدرولیتیکی مواد با وزن مولکولی بالا آغاز می‌شود که بر اثر آنزیم‌های موجود در دانهٔ جو انجام می‌گیرد. این آنزیم‌ها عمدتاً آنزیم‌های تولیدکنندهٔ اسیدها از جمله فسفاتازها و فیتاز، آنزیم‌های تجزیه کنندهٔ دیوارهٔ سلولی (سیتاز، همی‌سلولاز) و پروتئین‌ها (پروتئینازها) هستند. بتا آمیلاز موجود در دانهٔ جو تأثیری ناچیز روی تجزیه نشاسته دارد. اما با فعال شدن آلفا آمیلاز در روزهای اول جوانه‌زنی، پلی ساکارید نشاسته بیشتر تجزیه و شکسته می‌شود (Harris, 1962; Angold *et al*., 1989; Briggs *et al*, 1990; Kent-Jons & Amons, 1992).

قدرت دیاستاتیک

جدول ۲ نشان می‌دهد که تیمار نوع نمونه تأثیر بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) روی میزان قدرت دیاستاتیک انواع مالت تهیه شده در این آزمایش دارد. قدرت دیاستاتیک تیمار تهیه شده از مالت جو- مالت گندم- مالت تریتیکاله (به نسبت ۸۰ به ۱۰ به ۱۰)، ۳۴/۶ درصد بیش از قدرت دیاستاتیک تیمار تهیه شده از مالت گندم رقم تجن است (جدول ۳). مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم- مالت تریتیکاله (به نسبت ۸۰ به ۱۰ به ۱۰) و مالت حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۸۰ به ۲۰) به ترتیب دارای بیشینه و کمینهٔ

(P<۰/۰۵) میزان قدرت دیاستاتیک هستند (جدول ۳). مخلوط آنزیم‌های دانهٔ جو، دیاستاز نامیده می‌شود. دیاستاز حاصل از دانه‌های جوانه نزده حاوی مخلوط آنزیمی متفاوت از دیاستاز مالت است. چهار آنزیم آمیلولیتیک معمولاً در تبدیل نشاسته موجود در در جو مالتی به قندهای قابل تخمیر شرکت دارند که عبارت‌اند از: آلفا و بتا- آمیلاز، آلفا- گلوکوزیداز، و دکستریناز محدود. پتانسیل تبدیل آنزیمی نشاسته مالت را قدرت دیاستاتیک آن مالت تعریف می‌کنند (Briggs *et al*., 1990; McGregore *et al*., 1999). منظور از فعالیت کل آنزیم‌های تجزیه کننده نشاسته مالت جو، فعالیت آلفا و بتا-آمیلاز، آلفا گلوکوزیداز، دکستریناز محدود و مالتاز است که آن را قدرت دیاستاتیک می‌نامند و برای ارزیابی فعالیت آنزیم‌های تجزیه کنندهٔ نشاسته در صنعت مالت‌سازی فاکتور کیفی مهمی است. آلفا و بتا-آمیلاز بیش از ۹۹ درصد از کل فعالیت دیاستاتیک مالت را شامل می‌شوند. به مقدار اکی‌والان گرم مالتوز تولید شده در ۱۰ دقیقه عصاره‌گیری از ۱۰۰ گرم مالت را قدرت دیاستاتیک می‌گویند. آلفا آمیلاز و دکستریناز محدود بیشترین پایداری حرارتی و بتا-آمیلاز و آلفا گلوکوزیداز و مالتاز کمترین پایداری حرارتی را دارند. بتا-آمیلاز دارای کمترین دمای بهینه (۵۰ درجه سانتی‌گراد)، آلفا آمیلاز دارای بیشترین دمای بهینه (۶۵ درجه سانتی‌گراد) است و دیگر آنزیم‌ها وضعیت بینابینی دارند (Osman, 2002). پروتئولیز بهینه موجب آزادسازی آنزیم بتا-آمیلاز و در نتیجه افزایش فعالیت دیاستازی مالت می‌شود (Agu, 2003). نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که مالت تریتیکاله با بیشینهٔ شاخص کلباچ قدرت دیاستاتیک و فعالیت دیاستازی بالایی دارد. بیش از ۷۰ درصد پروتئین‌های جو در مالت‌سازی تجزیه می‌شوند (Osman, 2002). حدود ۹۰ درصد فعالیت پروتئولیتیک بر عهدهٔ آنزیم سیستئین پروتئیناز است که با فاکتورهای موثر در کیفیت مالت از جمله مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر و شاخص کلباچ ارتباط نزدیک دارد (Kihara *et al*., 2002). این داده‌ها با نتایج این تحقیق همخوانی دارد که نشان دهندهٔ وجود بیشینهٔ نیتروژن انحلال‌پذیر و شاخص کلباچ و در نتیجه فعالیت پروتئولیتیک و قدرت دیاستاتیک بالا و بهینهٔ مالت تریتیکاله است. محققان استفاده از آرد تریتیکاله یا مالت را برای خمیرهای حاوی قند پایین، به دلیل قدرت دیاستاتیک بالای آن، پیشنهاد می‌کنند (Pomeranz, 1974).

فعالیت بتا-گلوکاناز

برابر جدول ۲، میزان فعالیت بتا-گلوکاناز انواع مالت تهیه شده در این آزمایش تحت تأثیر بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) تیمار نوع نمونه است. فعالیت بتاگلوکاناز تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله ۳۰۲۱/۶ درصد بیش از قدرت دیاستاتیک تیمار تهیه شده از مالت گندم رقم تجن بود (جدول ۳). مالت تریتیکاله و مالت گندم تجن به ترتیب دارای بیشینه و کمینهٔ (P<۰/۰۵) میزان فعالیت بتا-گلوکاناز هستند (جدول ۳). (۴ ← ۱، ۳← ۱) بتا-گلوکان در فرایند مالت‌سازی و تولید نوشابه‌های مالتی ترکیبی نامطلوب شناخته می‌شود. وجود مقادیر زیاد از (۴ ← ۱، ۳← ۱) بتا-گلوکان در مالت نشان‌دهندهٔ تخریب ناکامل دیوارهٔ سلولی است که منجر به پایین آمدن میزان استخراج عصارهٔ مالت می‌شود. وجود مقادیر زیاد (۴ ← ۱، ۳← ۱) بتا-گلوکان در مالت می‌تواند علل مختلفی داشته باشد از جمله: وجود مقادیر زیادی از این ماده در نمونهٔ جو، ناتوانی دانه در تولید مقادیر کافی از (۴ ← ۱، ۳← ۱) بتا-گلوکاناز، افزودن جو غیر مالتی یا سایر غلات به عنوان مواد کمکی، و یا ترکیبی از این موارد. بتا-گلوکان در صنایع مالت‌سازی با اهمیت است و دلالت بر این امر دارد که آیا تغییرات اصلاحی در اندوسپرم کافی و مناسب بوده است یا

خیر. مقادیر بالای بتا- گلوکان موجب تولید ورتی ویسکوز می‌شود که مشکلاتی در صاف کردن ایجاد یا نوشابه‌ای تیره تولید می‌کند. بنابراین، مقادیر پایین بتا- گلوکان جهت تولید نوشابه‌های مالتی ترجیح داده می‌شود. به طور نمونه، در جوهای شش و چهار ردیفه، میزان بتا- گلوکان به ترتیب باید کمتر از ۱۲۰ و ۱۰۰ پی. پی. ام باشد تا مدت زمان استراحت پس از مرحلهٔ شربت‌گیری باثبات و معقول باشد (Wang *et al*., 2004; Kay, 2006). پتانسیل وجود (۴ ← ۱، ۳ ← ۱) بتا-گلوکاناز در ارقام مختلف بستگی به ژنوتیپ و عوامل محیطی دارد که به نظر می‌رسد تأثیر عوامل محیطی در مراحل بلوغ دانه اهمیت بیشتری داشته باشد. حدود ۶۰ درصد از (۴ ← ۱، ۳ ← ۱) بتا-گلوکاناز موجود در مالت سبز طی فرایند خشک کردن و پروردن نابود می‌شود (Shewry, 1992). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که میزان فعالیت (۴ ← ۱، ۳ ← ۱) بتا-گلوکاناز مالت گندم در حد کمینه است که مسلماً مقادیری بالایی از پسماند (۴ ← ۱، ۳ ← ۱) بتا-گلوکان در مالت سبز گندم را به همراه خواهد داشت. به نظر می‌رسد مشکلات موجود در تخلیهٔ ظروف عصاره‌گیری، در صورت استفاده از مالت گندم، ناشی از تشکیل لایه‌های غیر قابل نفوذ ذرات نرم با ماهیت همی‌سلولزی باشد که در مادهٔ آسیابی مورد عصاره‌گیری موجود است (Briggs *et al*., 1990).

ویژگی‌های ورت حاصل از انواع مالت تهیه شده در آزمایش

داده‌های مربوط به تأثیر نمونه بر ویژگی‌های ورت حاصل از انواع مالت تهیه شده در تیمارهای آزمایش در جدول ۴ آورده شده است. تمامی فاکتورهای کمّی و کیفی اندازه‌گیری شده در ورت حاصل از مالت‌های تهیه شده در این آزمایش تحت تأثیر کاملاً معنی‌دار (P<۰/۰۱) نوع نمونه هستند.

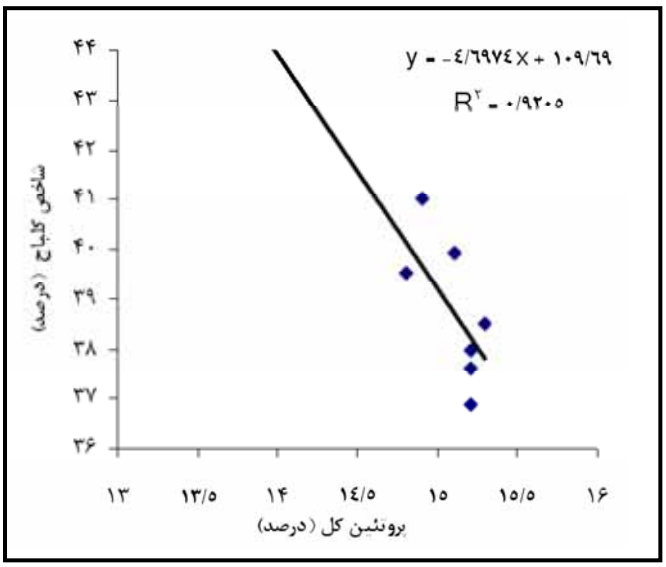
جدول ٤- مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های ورت انواع مالت تحت تأثیر نوع نمونه

نمونه	پروتئین محلول (N × ۶/۲۵) (درصد)	رنگ (واحد)
مالت جو	۵/۶ ±۰/۱d	۲/۵۱±۰/۰۹c
مالت تریتیکاله	۶/۳±۰/۴a	۳/۲۸ ±۰/۱۲a
مالت گندم	۶/۰±۰/۲abc	۱/۸۲±۰/۰۸f
مالت جو- مالت گندم (۹۰ به ۱۰)	۵/۷±۰/۱d	۲/۳۶±۰/۰۵d
مالت جو- مالت گندم (۸۰ به ۲۰)	۵/۸ ±۰/۱cd	۲/۲۰±۰/۰۲e
مالت جو- مالت گندم (۷۰ به ۳۰)	۵/۹±۰/۱bcd	۲/۱۱±۰/۰۴e
مالت جو- مالت گندم- مالت تریتیکاله (۸۰ به ۱۰ به ۱۰)	۵/۸±۰/۱bcd	۲/۴۵±۰/۰۴cd
مالت جو- مالت گندم (۹۰ به ۱۰)	۶/۱±۰/۱ab	۲/۸۲±۰/۰۸b

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. نتایج عبارت است از: میانگین SD ± ۳ تکرار

پروتئین انحلال‌پذیر (N × ۶/۲۵)

تیمار نوع نمونه تأثیری بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) بر میزان پروتئین انحلال‌پذیر ورت‌های حاصل از انواع مالت تهیه شده در این آزمایش دارد. میزان پروتئین انحلال‌پذیر ورت حاصل از تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله ۱۲/۵ درصد بیش از میزان پروتئین انحلال‌پذیر ورت حاصل از تیمار تهیه شده از مالت جو صحرا است (جدول ۴). ورت تهیه شده از مالت تریتیکاله دارای بیشینهٔ (P<۰/۰۵) میزان پروتئین انحلال‌پذیر است (جدول ۴). حدود پنج تا شش درصد از مواد جامد ورت را که از کل خیساندهٔ مالت به دست می‌آید مواد نیتروژنی تشکیل می‌دهد. که معادل ۴۰-۳۰ درصد کل مواد نیتروژنی موجود در مالت است. میزان نیتروژن انحلال‌پذیر به موازات افزایش میزان نیتروژن مالت، افزایش می‌یابد البته نه به شکل کاملاً خطی. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در مالت‌های حاوی نیتروژن بالا، شاخص کلباچ که معرف تغییرات اصلاحی مواد نیتروزنی است پایین‌تر است و بین آنها یک رابطهٔ خطی با ضریب تعیین R^2=۰/۹۲ وجود دارد (شکل ۱). مالت‌های حاصل از مخلوط مالت جو- مالت گندم (به نسبت ۷۰ به ۳۰) و مخلوط مالت جو- مالت گندم- مالت تریتیکاله (به نسبت ۸۰ به ۱۰ به ۱۰) که دارای بیشینهٔ میزان پروتئین کل بودند، شاخص کلباچ پایین‌تری دارند. کاهش میزان نیتروژن انحلال‌پذیر در ورت‌های تهیه شده از مخلوط جو و مواد آسیابی مالتی نه تنها با تأثیر کاهش نسبت جو در فرمول ارتباط دارد بلکه با فعالیت مهارکننده‌های پروتئولیتیک با وزن مولکولی بالای موجود در جو نیز مرتبط است. جو و مالت دارای مهارکننده‌های پروتئازهای باکتریایی هستند که فعالیت آنها در طی عملیات عصاره‌گیری به شکلی چشمگیر محدود می‌شود. وجود مقادیر کافی از باقیمانده پروتئین انحلال‌پذیر جهت رنگ، جسمیت، و پتانسیل کف‌زایی محصول نوشابه نهایی ضروری است ولی غلظت‌های بالای پروتئین انحلال‌پذیر می‌تواند منتج به تشکیل عوامل تیره‌کننده محصول شود. به هنگام هیدرولیز ناکافی پروتئین، پروتئین‌های باقیمانده با پلی‌فنل‌ها وارد واکنش می‌شوند و رسوب تیره در عصارهٔ نهایی تولید می‌کنند (Briggs *et al.*, 1990).



شکل ۱- رابطهٔ تغییرات شاخص کلباچ با افزایش میزان پروتئین مالت

رنگ ورت آزمایشگاهی

نتایج آزمایش نشان داد که میزان رنگ ورت‌های حاصل از انواع مالت تهیه شده تحت تأثیر بسیار معنی‌دار (P<۰/۰۱) تیمار نوع نمونه است. میزان رنگ ورت حاصل از تیمار تهیه شده از مالت تریتیکاله به ترتیب ۴۹/۱ و ۵۵/۵ درصد بیش از میزان رنگ ورت‌های حاصل از تیمارهای تهیه شده از مالت جو صحرا- مالت گندم (به نسبت ۸۰ به ۲۰) و مالت جو صحرا- مالت گندم (به نسبت ۷۰ به ۳۰) است (جدول ۴). ورت تهیه شده از مالت تریتیکاله و مالت گندم تجن به ترتیب حاوی بیشینه و کمینهٔ (P<۰/۰۵) میزان رنگ هستند (جدول ۴). متغیرهای مستقل بسیاری در ایجاد رنگ مالت و ورت تهیه شده از آن مؤثرند از جمله میزان تغییرات اصلاحی پروتئین و کربوهیدرات در دانهٔ جو و نیز میزان تجزیهٔ مالت سبز موجود در کوره‌های خشک‌کن کیلن، استمرار میزان دما و مدت زمان خشک کردن، و پروردن در هر درجه حرارت. عملیات عصاره‌گیری تدریجی در دمای بالا، موجب ایجاد و ذخیرهٔ سطوح بالایی از قندهای انحلال‌پذیر و آمینو اسیدها می‌شود که تشکیل رنگ در مالت‌سازی را افزایش می‌دهد. بسیاری از تغییراتی که در مرحلهٔ خشک کردن و پروردن رخ می‌دهد، روی رنگ مالت و عصارهٔ آن تأثیر بسزایی دارد (Briggs *et al.*, 1990). خصوصیات رنگ ایده‌آل در راهنمای برنامهٔ اصلاحی آورده شده است ولی نسبت به سایر فاکتورها اهمیت کمتری دارد زیرا می‌توان آن را با استفاده از مالت‌های مخصوص مدیریت کرد. اگر رنگ بسیار کم باشد، به مقادیر بیشتری از مالت مخصوص جهت حصول رنگ نهایی محصول نوشابه نیاز است که در نتیجه می‌تواند روی طعم آن تأثیرگذار باشد. اگر میزان رنگ مالت بسیار زیاد باشد تولید محصول نوشابه با رنگ کم با مشکل مواجه خواهد شد (Kay, 2006).

نتیجه‌گیری

تولید فراورده‌ای مالتی از یک نوع دانهٔ غلاتی مالتی (مالت خام) که دارای همهٔ خصوصیات مورد نظر هر دو نوع صنعت بهره‌بردار (صنایع ماءالشعیر و پخت) باشد، با اشکالات بسیاری مواجه است که برای رفع آنها باید عملیات واحد اختلاط انواع مالت را به مراحل فرایند اضافه کرد. در عملیات واحد اختلاط و به شرط تهیهٔ مخلوطی متوازن از انواع مالت با توجه به مصرف نهایی، مالت‌های متفاوت نقص‌های یکدیگر را می‌پوشانند. مواد کمکی بدون شک می‌توانند نقش مهمی در تولید نوشابه‌های مالتی داشته باشند. نتایج نشان می‌دهد که افزودن مالت تریتیکاله (۱۰ درصد)، و افزودن مالت گندم و مالت تریتیکاله (هر یک ۱۰ درصد) به تولید مادهٔ اولیهٔ مناسب به ترتیب برای صنایع نوشابه‌های مالتی و صنایع پخت می‌شود. مالت‌های تهیه شده از تریتیکاله همچنین پتانسیل آن را دارند که به عنوان منبع مناسب طعم و رنگ برای محصولات اختصاصی صنایع پخت به کار گرفته شوند.

مراجع

Agu, R. C. 2002. A Comparison of maize, sorghum and barley as brewing adjuncts. J. Inst. Brew. 108(1):19-22.

Agu, R. C. 2003. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties. J. Inst. Brew. 109(2):106-109.

Angold, R., Beech, G. and Jaggart, J. 1989. Food Biochemistry. Cambridge University Press. Cambridge.

Anon. 1975. Analysis Committee of the European Brewery Convention. Analytica-EBC. Schweitzer Brauerei-Rundschau. Zurich. Swiss.

Anon. 1976. Technical and Editorial Committees of the American Society of Brewing Chemists. Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists. ASBC. St Paul. Minnesota.

Anon. 1977. Institute of Brewing Analysis Committee. Recommended Methods of Analysis. The Institute of Brewing. London.

Anon. 1980. Pauls and Whites Brewing Room Book. Pauls and Whites. Ipswich. UK.

Anon. 1997. ASAE Standards. America Society of Agricultural Engineers. Josephs St. MI. USA

Anon. 2003. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists. AACC. Paul St. MN.

Anon. 2005. Official methods of Analyses. 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D.C.

Anon. 2008. Megazyme International Ireland. Malt and Bacterial Beta-Glucanase and Cellulase. Wicklow. Bray Co.

Anon. 2009. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis. International Production Assessment Division. Washington. DC. USA.

Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R. and Young, T. W. 1990. Malting and Brewing Science (Malt and Sweet Wort). 2nd Edn. Chapman & Hall. London.

Buch, G. J. 1986. Malt β-glucanase: a collaborative test on a new rapid assay. J. Inst. Brew. 92, 513-514.

Coors, J. 1976. Practical experiments with different adjuncts. Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly. 13(2):117-123.

Ghodsvali, A. 1996a. Project of comparison of superior barley varieties and lines to extraction of malt extract. Department of Agricultural Engineering. Gorgan Agricultural and Natural Resource Center. 117-20-74043. (in Farsi)

Ghodsvali, A. 1996b. Project of determination of the best barley variety in Gorgan and Gonbad region to extraction of malt extract. Department of Agricultural Engineering. Gorgan Agricultural and Natural Resource Center. 117-20-72018. (in Farsi)

Glatthar, J., Heinisch, J. J. and Senn, T. 2003. The Use of Unmalted Triticale in Brewing and Its Effect on Wort and Beer Quality. J. Ame. Soc. Brewing Chemists. 61(14): 182-190.

Harris, G. 1962. The Enzyme Content and Enzymatic Transformation of Malt. In: Cook, A. H. (Ed) Barley and Malt: Biology, Biochemistry, Technology. London: Academic Press.

Kay, S. 2006. Miller Brewing Company Malt Strategy. http://www.brewingtechniques.com/ bmg/grain.html.

Kent-Jones, D. W. and Amons, A. J. 1992. Modern Cereal Chemistry. 6th Ed. Food Trade Press LTD. London UK.

Kihara, M., Saito, W., Okada, Y., Kaneko, T., Asakura, T. and Ito, K. 2002. Relationship between proteinase activity during malting and malt quality. J. Inst. Brew. 108(3):371-376.

Koszyk, P. F. and Lewis M. J. 1977. Unmalted Grains as Maltsters' Adjuvant and Brewers' Adjunct. J. Ame. Soc. Brew. Chem. 35, 0077.

McCleary, B. V. and Shameer, I. 1987. Assay of β-glucanase using Azo Barley Glucan: an improved precipitant. J. Inst. Brew. 93, 87-90.

McGregor, A. W., Bazin, S. L., Macri, L. J. and Babb, J. C. 1999. Modeling the contribution of alpha-amylase, beta-amylase and limit dextrinase to starch degradation during mashing. J. Cereal Sci. 29, 161-169.

Osman, A. M. 2002. The advantages of using natural substrate-based on methods in assessing the role and synergistic and competetive interaction of barley malt starch-degrading enzymes. J. Inst. Brew. 108(2): 204-214.

Owens, G. 2001. Cereal processing technology. Wood Head Pub. Cambridge. England. 173-203.

Palmer, G. H. 1989. Cereals processing technology. Wood Head Pub. Cambridge. England. 173-203.

Pollock, J. R. 1962. The Analytical Examination of Barley and Malt. In: Cook, A. H. (Eds) Barley and Malt: Biology, Biochemistry. Technology Academic Press. London. UK.

Pomeranz, Y. 1974. Malting of Triticale. Ame. Assoc. Cereal Chem. Paul St. Minnesota.

Shewry, P. R. 1992. Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology. C. A. B. International. The Alden Press LTD. Oxford.

Wang, J., Zhang, G., Chen, J. and Wu, F. 2004. The changes of β–glucan and β–glucanase activity in barley before and after malting and their relationship to malt quality. Food Chem. 86, 223-228.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.11/No.3/2010/P: 55-70

Admixing Green Malt Cereal Resources to Produce Malts for the Baking and Non-Alcoholic Malt Beverage Industries

A. Ghodsvali*

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 49165-363, Golestan, Iran. Email: qodsevali@yahoo.com

In this project, the quantitative and qualitative characteristics of malt obtained from barley, (*var*. Sahra), wheat (*var* Tajan) and Triticale, and their admixtured malts were investigated in a completely randomized design with eight treatments to determine the optimal treatment using diastatic power, hot water extract and production of suitable raw materials for the malt beverage and bakery industries. The characteristics were hot water extract, cold water extract, diastatic power, total and soluble protein, nitrogen modification index, color and β-glucanase activity. Triticale and barley malts had the maximum and minimum Kolbach indices ($p<0.05$), respectively. Malt obtained from Triticale and the admixture of barley-Triticale (90:10) malts, and barley-wheat (90:10) malt had maximum and minimum ($p<0.05$) hot water extract, respectively. Malt obtained from an admixture of barley-wheat-Triticale (80:10:10) malt and a mix of barley-wheat (90:10) malt had the maximum and minimum ($p<0.05$) diastatic powers, respectively. The results showed that the addition of Triticale malt (10%) led to the production of suitable raw materials for the malts beverage industry and the addition of both Triticale and wheat (each 10%) malt for the bakery industry.

Key Words: Adjuncts, Admixture, Malting, Triticale