جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد شانزدهم، شماره سوم، ۱۳۸۸
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

اثر دما و نوع خشک‌کن بر خواص فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از ارقام جو

*نرجس آقاجانی[۱]، مهدی کاشانی‌نژاد[۲]، مهدی کدیور[۳] و سیدحسین حسینی[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان، [۴]کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۲۳

چکیده

خشک‌کردن یکی از پرهزینه‌ترین مراحل تولید مالت‌سازی بوده و هدف آن توقف رشد بیولوژیکی دانه، حذف آب برای ثبات انبارداری، حفظ و نگهداری فعالیت آنزیمی و تشکیل عطر و طعم و ترکیبات رنگی است. استفاده از تکنولوژی مایکروفر جهت آب‌گیری به‌دلیل داشتن راندمان کارایی و انرژی بالا می‌تواند مناسب باشد. در این پژوهش دو رقم جو صحرا و دشت برای بررسی اثر دما (۴۰، ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد) و نوع خشک‌کن بر خواص فیزیکوشیمیایی مانند قدرت دیاستاتیک، بازدهی استخراج عصاره آب سرد، بازدهی استخراج عصاره آب گرم، رنگ و pH مالت مورد استفاده قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و میانگین داده‌ها نیز با آزمون LSD و در سطح ۵ درصد انجام شد. نتایج استفاده از خشک‌کن هوای داغ نشان داد با افزایش دما قدرت دیاستاتیک، بازدهی استخراج عصاره آب سرد، بازدهی استخراج عصاره آب گرم و pH کاهش و مقدار رنگ افزایش یافت. بهترین دما برای تولید مالت آنزیمی و غیرآنزیمی به‌ترتیب در ۵۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بود. نتایج خشک‌کردن ترکیبی در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ نشان داد با افزایش توان از ۱۰۰ وات به ۳۰۰ وات در مایکروفر، ویژگی‌های کیفی روندی مشابه خشک‌کن هوای داغ داشتند.

واژه‌های کلیدی: مالت، خشک‌کن هوای داغ، مایکروفر، خشک‌کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروفر

مقدمه

مالت‌سازی از قدیمی‌ترین عملیات بیوتکنولوژیکی و منظور از آن فرآیند جوانه‌زنی محدود و کنترل شده غلات است که پس از خشک کردن، محصول دارای خواص تغذیه‌ای تولید می‌گردد (موریس و برایس، ۲۰۰۰). مالت جو منبعی از آنزیم‌های هضم‌کننده نشاسته به‌خصوص آلفا و بتا آمیلازها است (عثمان و همکاران، ۲۰۰۲).

خشک‌کردن یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌های تولید مالت می‌باشد که هدف آن توقف رشد بیولوژیکی دانه، حذف آب برای ثبات انبارداری، حفظ و نگهداری فعالیت آنزیمی و تشکیل عطر و طعم و ترکیبات رنگی است (بریجز، ۱۹۹۸). معمولاً در مرحله خشک‌کردن رطوبت دانه از ۴۸-۴۲ درصد به حدود ۶-۲ درصد کاهش می‌یابد. در مالت خشک شده فعالیت بیولوژیکی پایان یافته، سوبسترای موجود در آندوسپرم تا حدودی تغییر کرده و

*- مسئول مکاتبه: narjes_aghajani@yahoo.com

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مقادیری از آنزیم برای انجام فرآیند عصاره‌گیری در مالت باقی می‌ماند. معمولاً خشک‌کردن از دمای ٦٠-٥٠ درجه سانتی‌گراد شروع و آب موجود در نمونه تا وقتی‌که به نصف مقدار خود برسد، با سرعت تقریباً خطی خارج می‌شود. پس از این مرحله دمای هوا برای آسان خشک شدن افزایش می‌یابد. پس از این‌که رطوبت به ٨-٥ درصد رسید به‌منظور عمل‌آوری مالت سرعت هوا کاهش و دما افزایش می‌یابد. شرایط عمل‌آوری بر گستره شدت رنگ، عطر و طعم و مقدار آنزیم‌های موجود در مالت مؤثر است (موریس و برایس، ٢٠٠٠).

نتایج تحقیق هاملااینن و رینی‌کینن (٢٠٠٧) روی فعالیت آنزیم‌ها پس از خشک‌کردن در دماهای ثابت ٤٠، ٥٠، ٥٥، ٦٠ و ٦٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که سرعت نسبی غیرفعال شدن دکستریناز‌های محدودکننده از آلفا-آمیلاز سریع‌تر است، زیرا آلفا- آمیلاز به حرارت بسیار مقاوم است. همچنین مدل‌های پیش‌بینی شده نشان داد که افزایش فعالیت دیاستاتیک و دکستریناز محدودکننده، فقط در شروع عملیات خشک‌کردن دانه‌های با رطوبت بیش از ٤٠ درصد ایجاد شد.

بریجز (١٩٩٨) بیان کرد شرایط خشک‌کردن نیز بر تغییر ترکیبات قندی تاثیر فراوانی دارد، برای مثال برای تولید مالت سفید و بی‌رنگ می‌توان از دماهای پایین استفاده کرد که سبب افزایش قند مالت می‌گردد. در حالی‌که در مالت تیره، افزایش دمای خشک‌کردن سبب کاهش آن می‌گردد.

لو و همکاران (٢٠٠٤) خشک‌کردن به‌خصوص در دمای بالا را مسئول انجام بسیاری از واکنش‌های میلارد دانستند که در نهایت عامل تشکیل رنگ و آروما در ورت می‌گردد. لاید (١٩٨٨) با بررسی اثر عوامل مختلف بر خشک‌کردن مالت بیان داشت که سیستم‌های آنزیمی در مالت نسبت به رطوبت، دما و زمان خشک‌کردن، حساسیت متفاوتی دارند. در ابتدای مرحله خشک‌کردن که دما پایین‌تر است، آنزیم‌ها افزایش می‌یابند، اما با افزایش دما به‌طور قابل‌توجهی غیرفعال می‌گردند. در مالت‌های رنگی که در دما و رطوبت بالا خشک می‌شوند نسبت استخراج عصاره سرد به عصاره گرم زیاد بوده و به هنگام عصاره‌گیری وجود مالت آنزیمی لازم است. آنزیم اندو-بتاگلوکوناز در صورت استفاده از دمای بالا در مراحل اولیه خشک‌کردن، کاهش می‌یابد. بتی (١٩٩٦) با مطالعه اثر خشک‌کردن مالت سبز در دماهای ٦٥، ٧٥ و ٨٥ درجه سانتی‌گراد بر رنگ و فعالیت آنزیمی مالت‌های به‌دست آمده بیان داشت با افزایش دما، رنگ مالت که توسط فاکتور L و با دستگاه هانترلب مورد ارزیابی قرار گرفت، تیره‌تر شد. همچنین در دمای ٨٥ درجه سانتی‌گراد بیشتر آنزیم‌ها غیرفعال و در نتیجه مالت غیرآنزیمی تولید شد. همان‌طور که انتظار می‌رود تفاوت بارز مالت آنزیمی و غیرآنزیمی در مقدار قدرت آنزیمی آنها است.

بایازوس و همکاران (٢٠٠٥) بهینه‌سازی خشک‌کردن مالت ذرت را در دمای ٥٤، ٦٤ و ٧٦ درجه سانتی‌گراد بررسی و مشاهده نمودند که دمای ٥٤ درجه سانتی‌گراد برای خشک‌کردن مالت آنزیمی ذرت دمای مناسبی است. سحری (٢٠٠١) بیان داشت در هنگام خشک کردن به‌دلیل واکنش قندهای احیاءکننده با عامل آمینی اسیدهای آمینه و تولید ترکیبات ملانوئیدین، با افزایش امکان تشکیل این ترکیبات رنگی از مقدار pH کاسته می‌شود.

یوریو و ایجل در سال ١٩٩٩ بیان کردند هرگاه مالت با رطوبت بیش از ١٠ درصد با دمای بالا مواجه شود، غیرفعال شدن آنزیم‌ها تسریع می‌گردد ولی اگر رطوبت مالت کمتر باشد، در دماهای بالاتر نیز آنزیم‌های زیادتری زنده خواهند ماند. از نتایج خشک‌کردن علاوه‌بر جدا کردن آب، تشکیل ترکیبات رنگی، عطر و طعم و غیرفعال‌سازی آنزیم‌های مالت سبز می‌باشد که شدت این امر به دمای مورد استفاده طی فرآیند خشک‌کردن بستگی دارد (هاملا اینن و رینی کینن، ٢٠٠٧).

طی فرآیند خشک‌کردن بازدهی عصاره آب گرم و سرد و میزان ازت کل کاهش، اما مقدار ساکارز، ترکیبات ملانوئیدین و ملانین افزایش می‌یابد. اسیدهای آمینه و

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

قندهای احیاءکننده در ابتدای خشک‌کردن افزایش ولی سپس کاهش می‌یابند (بریجز، ۱۹۹۸).

با افزایش تقاضا برای غذاهایی که سریع آماده می‌شوند، پیشرفت‌های اخیر در زمینه تکنولوژی مایکروفر جهت آب‌گیری می‌تواند مناسب باشد. از مزایای این روش گرم شدن سریع اولیه تا حدود دمای تبخیر، بدون حرارت‌دهی بیش از حد و یا خشک شدن بیش از حد سطح خارجی ماده است. بنابراین محصول خشک شده با کیفیت بهتری تولید می‌شود. امواج مایکروفر بخشی از طیف الکترومغناطیس با فرکانس حدود ۳۰۰۰۰۰-۳۰۰ مگاهرتز و طول موج ۱-۰/۰۰۱ متر در هوا هستند که بین طیف دی‌الکتریک و مادون قرمز قرار دارند و از ماده عبور کرده و با تحریک پیوندهای بین ترکیبات شیمیایی به‌خصوص آب، حرارت تولید می‌کنند (پراکاش و همکاران، ۲۰۰٤).

با توجه به تأثیر دمای خشک‌کردن در تولید مالت و نبود پژوهش مناسبی در این زمینه، تحقیق حاضر با هدف تعیین دمای بهینه خشک‌کردن مالت و بررسی اثر نوع خشک‌کن بر کیفیت مالت تولیدی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از دستگاه‌های خشک‌کن هوای داغ با فن گردش هوا (ممرت، آلمان)، آسیاب برقی (پارس خزر، ایران)، الک آزمایشگاهی (شماره ۳۰، دماوند، ایران)، اینکوباتور یخچال‌دار (کاووش مگا، ایران)، بن‌ماری (طب آزما، ایران)، پیکنومتر ترمومتردار (ایزولب، آلمان)، ترازو دیجیتال (سارتریوس- دقت ۰/۰۰۱ گرم)، pH متر (متروم، سوئیس)، رنگ‌سنج هانترلب (دیتا کالر، آمریکا)، اتاقک جوانه‌زنی (ابعاد ۹×۲۲×۳۸ سانتی‌متر) و مایکروفر خانگی (تی دی اس، سامسونگ) استفاده شد.

پس از تهیه ارقام جو صحرا و دشت از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان این تحقیق به‌صورت زیر انجام شد.

بوجاری نمونه‌های جو با استفاده از الک و به‌صورت دستی انجام و سپس ۵۰۰ گرم جو توزین گردید و در دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ٤۸ ساعت در اینکوباتور خیسانده شد و پس از آن نمونه‌ها آب‌کشی و برای انجام مرحله جوانه‌زنی به اینکوباتور (دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد) در شرایط رطوبتی اشباع منتقل گردید. مدت زمان لازم برای اصلاح مطلوب آندوسپرم دانه در این مرحله وقتی است که طول جوانه رشد کرده تا ۰/۷۵ طول دانه برسد. محصول این مرحله مالت سبز نامیده می‌شود.

در این مرحله از تحقیق دماهای متفاوتی برای خشک کردن در خشک‌کن هوای داغ استفاده شد، به این صورت که خشک کردن دانه‌های جوانه‌زده در خشک‌کن هوای داغ و در دماهای ٤۰، ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

جهت بررسی اثر نوع خشک‌کن از خشک‌کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروفر استفاده شد. در مراحل ابتدایی خشک شدن چون رطوبت به سادگی خارج می‌شود نمونه‌ها به‌مدت ۵ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و تا رسیدن به رطوبت حدود ۲۰ درصد خشک و سپس به مایکروفر منتقل گردیدند. در مایکروفر ادامه فرآیند خشک شدن یک‌بار با توان ۱۰۰ وات و یک‌بار با توان ۳۰۰ وات انجام شد. سپس جهت ارزیابی مالت به‌دست آمده، آزمون‌های کیفی زیر انجام و نتایج آن با نتایج مالت‌های خشک شده در دماهای مختلف خشک‌کن هوای داغ مقایسه گردید. در هر دو روش خشک کردن تا رسیدن به رطوبت ۷-٤ درصد ادامه یافت (بتی، ۱۹۹٦).

قدرت دیاستاتیک: ابتدا ۱۰ گرم دانه مالت آسیاب‌شده با ۱۲ میلی‌لیتر آمونیاک ۰/۲ نرمال که با آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسیده است، مخلوط و در اینکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. هر ۳۰ دقیقه نمونه هم‌زده شد. پس از گذشت مدت زمان ۳ ساعت و پس از اینکه مواد جامد ته‌نشین شدند بسته به‌مقدار قدرت آنزیمی نمونه، ۳-۱ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی برداشته و به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول نشاسته افزوده شد و به‌مدت ۱

ساعت در اینکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. بعد از این مرحله برای توقف فعالیت آنزیم، ۳۰ میلی‌لیتر محلول سود ۰/۱ نرمال به نمونه اضافه و حجم نمونه با آب مقطر به ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. جهت ارزیابی میزان فعالیت آنزیم، از محلول فهلینگ (مخلوط ۲/۵ میلی‌لیتر فهلینگ a با ۲/۵ میلی‌لیتر فهلینگ b) برای تعیین مقدار قند احیاءکننده تولیدشده استفاده گردید. محاسبات قدرت دیاستاتیک براساس واحد لینتنر (°L) با معادله زیر انجام گرفت (بی‌نام، ۱۹۸۹).

$$\text{قدرت دیاستاتیک } (^{\circ}L) = \frac{۲۰۰۰}{yx} \qquad (۱)$$

x و y= به‌ترتیب میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مصرفی و میلی‌لیتر نشاسته تبدیل شده مصرفی در تیتراسیون هستند.

بازدهی استخراج عصاره آب سرد: برای ارزیابی مقدار بازدهی عصاره آب سرد پس از انجام مراحل کار مشابه اندازه‌گیری قدرت دیاستاتیک، عصاره به‌دست آمده صاف شد و با استفاده از پیکنومتر در دمای ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد، وزن مخصوص آن اندازه‌گیری و سپس با معادله زیر محاسبه‌ها انجام شد (بی‌نام، ۱۹۸۹).

$$\text{بازدهی استخراج عصاره آب سرد (درصد)} = \frac{۲۰\times G}{۳/۸۶} \qquad (۲)$$

$$G = ۱۰۰۰ \ (\text{۱- چگالی نسبی}) \qquad (۳)$$

بازدهی استخراج عصاره آب گرم: مطابق روش (AOAC ۹۳۵-۳۰) بازدهی استخراج ورت عصاره آب گرم با استفاده از چگالی نسبی آن تعیین گردید. در این روش دو مرتبه پیکنومتر خالی با ۱۰ میلی‌لیتر ورت شستشو داده شد. سپس با ورت پر و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد توزین شد و چگالی نسبی آن تا ٤ رقم اعشار گزارش گردید. بازدهی استخراج عصاره آب گرم با استفاده از معادله ذیل محاسبه شد.

$$E = \frac{P(۸۰۰+M)}{(۱۰۰-P)} \ (\text{درصد}) \qquad (٤)$$

E، M و P به‌ترتیب برابر است با درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم براساس ماده خشک، درصد آب در مالت و مقدار گرم عصاره در ۱۰۰گرم ورت با استفاده از جدول پلاتو (AOAC ،۹۳۵-۳۰).

pH مالت: پس از آسیاب‌کردن دانه‌ها با توزین ۱۰ گرم آرد و افزودن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن پس از ۳۰-۱۵ دقیقه تعیین شد (AOAC ،۹٤۵-۲۹).

رنگ‌دانه: به این منظور دانه‌های جو و مالت مورد ارزیابی درون ظرف‌های خاصی ریخته شد و توسط دستگاه سه مؤلفه L، a و b تعیین و سپس اختلاف رنگ محصول نسبت به ماده اولیه با معادله (۵) محاسبه گردید.

مؤلفه L میزان روشنی و تیرگی نمونه را مشخص می‌کند و دارای محدوده ۱۰۰-۰ است. مقدار ۱۰۰ بیان‌کننده رنگ سفید و مقدار ۰ مبین رنگ سیاه است. مقادیر مثبت مؤلفه a معرف رنگ قرمز، مقدار صفر بیان‌کننده رنگ خاکستری و منفی به معنای رنگ سبز است. برای مؤلفه b اگر مقدار مثبت باشد به معنی رنگ زرد و اگر منفی باشد معرف رنگ آبی است (کروکیدا و همکاران، ۱۹۹۸).

$$\Delta E = [(\Delta L^{۲}) + (\Delta a^{۲}) + (\Delta b^{۲})]^{۱/۲} \qquad (۵)$$

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: تمامی مراحل و آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش در ۳ تکرار انجام شد و نتایج آزمایش‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی (CRD) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین تیمارها نیز از طریق آزمون LSD در سطح ۵ درصد مقایسه گردیدند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

قدرت دیاستاتیک: مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان ۵ درصد (شکل ۱) بیانگر آن است که بیشترین مقدار قدرت دیاستاتیک به‌ترتیب در رقم صحرا (۱٤٦/٦٧ درجه لینتنر) و رقم دشت (۲۰۲/۸۷ درجه لینتنر) مربوط به دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ و کمترین آن در رقم صحرا (۵۰/۲۲ درجه لینتنر) و رقم دشت (۵۳/۲۳ درجه لینتنر) مربوط به

خشک‌کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد است. همچنین با افزایش دما و توان به‌ترتیب در خشک‌کن هوای داغ و خشک‌کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروویو از مقدار قدرت دیاستاتیک به‌طور معنی‌دار کاسته شد ($P<۰/۰۵$).

فعالیت مجموعه آنزیم‌هایی مانند دکستریناز محدودکننده، آلفا- گلوکوزیداز، آلفا و بتا- آمیلاز بیانگر قدرت دیاستاتیک دانه است. یافته‌های یوریو و ایجل (۱۹۹۹) بیانگر آن بود که هرگاه مالت با رطوبت بیش از ۱۰ درصد با دمای بالا مواجه شود، غیرفعال شدن آنزیم‌ها تسریع می‌گردد و در صورت استفاده از دمای پایین (۶۰ درجه سانتی‌گراد) علاوه‌بر آن که فعالیت آنزیم باقی می‌ماند، جوانه‌زنی و افزایش قدرت دیاستاتیک در مراحل اولیه خشک‌کردن نیز ادامه می‌یابد. نتایج تحقیق هاملاینن و رینی‌کینن (۲۰۰۷) بیانگر افزایش قدرت دیاستاتیک در شروع عملیات خشک‌کردن دانه‌های با رطوبت بیش از ۴۰ درصد بود. لاید (۱۹۸۸) نیز در تحقیق مشابهی نتیجه گرفت در صورت استفاده از برنامه دمایی جهت خشک‌کردن مالت سبز در ابتدای مرحله خشک‌کردن که دما پایین‌تر است، فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا- آمیلاز و اندو بتا- گلوکوناز افزایش می‌یابند، اما با افزایش دما به‌طور قابل‌توجهی غیرفعال می‌گردند. همچنین این محقق در ادامه بررسی خود بیان کرد در مالت‌های رنگی که در دما و رطوبت بالا خشک می‌شوند به‌دلیل نابودی آنزیم‌ها، جهت عصاره‌گیری احتیاج به حضور مالت آنزیمی است. در همین راستا بتی (۱۹۹۶) با مقایسه قدرت دیاستاتیک مالت آنزیمی و غیرآنزیمی نتیجه گرفت که در مالت غیرآنزیمی فعالیت آنزیم‌های آمیلولتیک به دوسوم مقدار آن در مالت آنزیمی رسید و همچنین توانست با استفاده از خشک‌کردن در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر آنزیم‌ها را غیرفعال و در نتیجه مالت غیرآنزیمی تولید کند. بایاسوز و همکاران (۲۰۰۵) نیز پس از بررسی بهینه‌سازی خشک‌کردن مالت ذرت بیان کردند دمای خشک‌کردن بر فعالیت آنزیمی مؤثر است و با توجه به نقش مهم بتا- آمیلاز بر قدرت دیاستاتیک و غیرفعال شدن این آنزیم در دمای بالاتر از ۵۴ درجه سانتی‌گراد، دمای ۵۴ درجه سانتی‌گراد برای خشک‌کردن مالت آنزیمی ذرت را دمای مناسبی عنوان کردند.

نتایج این پژوهش نشان داد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین قدرت دیاستاتیک در هر دو رقم مشاهده می‌شود ولی تفاوت معنی‌داری با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد ندارد. بنابراین با توجه به طولانی بودن زمان خشک کردن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، می‌توان دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد را بهترین دما جهت تولید مالت آنزیمی این دو رقم جو اعلام کرد. همچنین دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد برای تولید مالت غیرآنزیمی دمای مناسبی است. نتایج این تحقیق با یافته‌های یوریو و ایجل (۱۹۹۹)، هاملاینن و رینی‌کینن (۲۰۰۷)، لاید (۱۹۸۸)، بتی (۱۹۹۶) و بایاسوز و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد.

از آن‌جا که خشک‌کردن یکی از پرهزینه‌ترین مراحل تولید مالت می‌باشد بنابراین می‌توان از روش خشک‌کردن ترکیبی استفاده کرد. نتایج این تحقیق نیز در مورد استفاده از خشک‌کردن ترکیبی مالت سبز در آون و مایکروفر نشان‌دهنده مناسب بودن توان ۱۰۰ وات در برنامه خشک‌کردن مالت جهت تولید مالت آنزیمی و توان ۳۰۰ وات جهت تولید مالت غیرآنزیمی است که نزدیک بودن مقادیر قدرت دیاستاتیک در این توان‌ها به‌ترتیب با دمای ۵۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بیانگر این مطلب است. به این ترتیب از زمان خشک‌کردن و در نتیجه مقدار انرژی مورد نیاز در تولید مالت کاسته می‌شود.

شکل ۱- اثر دما و نوع خشک‌کن بر قدرت دیاستاتیک مالت رقم صحرا و دشت.
ترکیبی I: ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد، ترکیبی II: ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد.

بازدهی استخراج عصاره آب سرد: نتایج به‌دست آمده از آنالیز بازدهی استخراج عصاره آب سرد بیانگر آن بود که بیشترین مقدار استخراج عصاره آب سرد به‌ترتیب در رقم صحرا (۲۱/۷۶ درصد) و رقم دشت (۱۹/۱۶ درصد) مربوط به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ و کمترین آن در رقم صحرا (۹/۹۷ درصد) و رقم دشت (۸/۲۳ درصد) مربوط به خشک‌کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات - ۵۵ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۲). همچنین با افزایش دما و توان خشک‌کن میانگین مقدار بازدهی استخراج عصاره آب سرد دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P<۰/۰۵$).

بازدهی استخراج عصاره آب سرد یکی از معیارهای ارزیابی کیفی مالت است و بیانگر مقدار ترکیباتی است که در مرحله جوانه‌زنی به‌صورت محلول درآمده است. این مواد محلول ترکیبات اولیه مورد نیاز برای واکنش میلارد هستند که بسته به دمای خشک‌کردن در این واکنش استفاده می‌شوند. نتایج بریجز (۱۹۹۸) بیانگر آن است که اصلاح مطلوب آندوسپرم معمولاً همراه با افزایش غلظت ترکیبات محلول مالت بوده که منجر به افزایش بازدهی استخراج عصاره آب سرد و در نتیجه افزایش عطر و رنگ طی خشک‌کردن می‌گردد. لو و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که خشک‌کردن به‌خصوص در دمای بالا، مسئول انجام بسیاری از واکنش‌های میلارد است. هاملا اینن و رینی‌کینن (۲۰۰۷) اظهار داشتند تشکیل ترکیبات رنگی، عطر و طعم و غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها طی خشک‌کردن مالت سبز اتفاق می‌افتد که شدت این امر به دمای مورد استفاده جهت خشک‌کردن بستگی دارد. در همین راستا نتایج بریجز (۱۹۹۸) بیان‌کننده کاهش بازدهی سرد و افزایش مقدار ترکیبات ملانوئیدین و ملانین طی خشک‌کردن است. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق بیانگر کاهش مقدار استخراج عصاره آب سرد با افزایش دما است. با نگاه اجمالی به شکل (۲) مشاهده می‌شود که دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد چون تفاوت معنی‌داری با مقدار استخراج عصاره آب سرد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نداشت، تأثیر به‌سزایی بر از دسترس خارج شدن مواد محلول حاصل از مرحله جوانه‌زنی (قندهای احیاء و اسیدهای آمینه) در اثر بالا بودن دما و انجام واکنش میلارد نداشته و می‌توان این مواد را در مرحله عصاره‌گیری استخراج کرد. به‌دلیل بالا بودن دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد، طی خشک‌کردن واکنش میلارد اتفاق افتاده و ترکیبات رنگی ایجاد می‌گردد که جهت افزودنی رنگی کاربرد دارد و در نتیجه مواد محلول حاصل از مرحله جوانه‌زنی مصرف و بازدهی استخراج عصاره آب سرد کاهش می‌یابد.

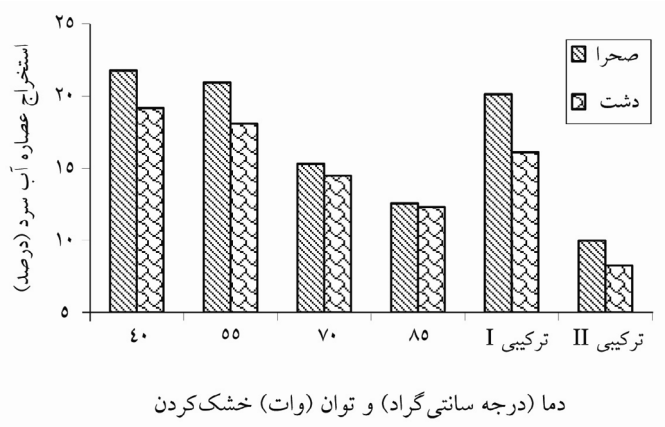
در خشک‌کردن ترکیبی توان ۱۰۰ وات از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با ۵۵ درجه سانتی‌گراد نداشت و می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و زمان از توان ۱۰۰ و ۳۰۰ وات به‌ترتیب برای تولید مالت آنزیمی و غیرآنزیمی استفاده کرد. همان‌طور که ذکر شد نتایج این مطالعه با نتایج بریجز (۱۹۹۸)، هاملا اینن و رینی‌کینن (۱۹۹٦) و لو و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت داشت.

بازدهی استخراج عصاره آب گرم: مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد بیانگر آن است که بیشترین مقدار بازدهی استخراج عصاره آب گرم در هر دو رقم مربوط به دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد و برابر ٦٤/۰۹ در رقم صحرا و ٦۱/۷۱ درصد در رقم دشت بود، کمترین مقدار آن نیز مربوط به خشک‌کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد و برابر ۵۳/۹۹ و ۵۱/۳۸ درصد به‌ترتیب در رقم صحرا و دشت بود ($P<۰/۰۵$). اثر دما و توان نیز در هر دو رقم معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$).

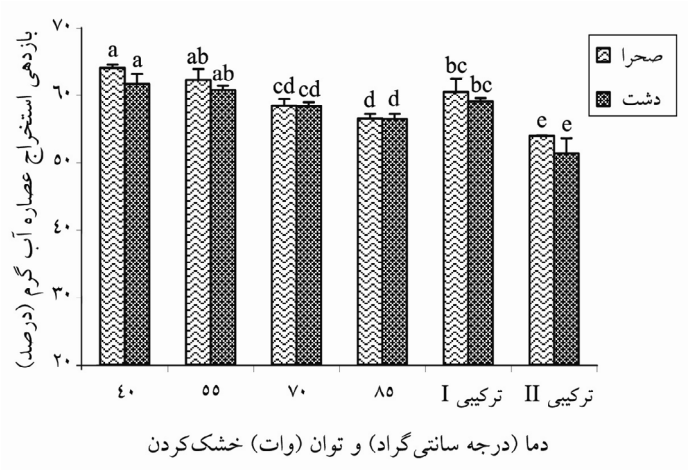
بازدهی استخراج عصاره آب گرم از دیگر پارامترهای کیفی مهم مالت است و نشان‌دهنده مواد قابل حل در مالت خرد شده می‌باشد که طی مرحله عصاره‌گیری و در اثر فعالیت آنزیم‌ها (بتا- گلوکوناز، پروتئاز، آلفا و بتا- آمیلاز) به ورت منتقل می‌گردد. مطابق نتایج آگو (۲۰۰۳) قدرت آنزیمی مناسب شرط لازم برای افزایش بازدهی استخراج عصاره آب گرم است. نتایج تحقیق لاید (۱۹۸۸) بیان‌کننده کاهش آنزیم اندو- بتا-گلوکوناز در صورت استفاده از دمای بالا در مراحل اولیه خشک‌کردن است. بتی (۱۹۹٦) نیز با انجام تحقیقی در ارتباط با مالت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی عنوان کرد فعالیت آنزیم‌های آمیلولتیک و بتا- گلوکوناز در مالت‌های غیرآنزیمی به دوسوم و فعالیت آنزیم پروتئولتیک به نصف مقدار آن در مالت‌های آنزیمی رسید. یافته‌های بریجز (۱۹۹۸) نیز بیانگر کاهش بازدهی عصاره آب گرم و سرد طی مرحله خشک‌کردن است. با توجه به نتایج اثر دما بر قدرت دیاستاتیک در شکل (۱) می‌توان گفت که با توجه به یکسان بودن مرحله جوانه‌زنی در هر یک از ارقام، بین بازدهی استخراج عصاره آب گرم و قدرت دیاستاتیک ارتباط مستقیمی وجود داشت و علت تفاوت در مقدار بازدهی استخراج عصاره آب گرم تنها به تأثیر مرحله خشک‌کردن بر فعالیت آنزیم‌ها مرتبط است. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های آگو (۲۰۰۳)، لاید (۱۹۸۸)، بتی (۱۹۹٦) و بریجز (۱۹۹۸) کاملاً مطابقت دارد. با عنایت به شکل (۳) توان ۱۰۰ و ۳۰۰ وات از لحاظ بازدهی استخراج عصاره آب گرم به‌ترتیب دارای مقادیر قابل‌قبولی به‌عنوان مالت آنزیمی و غیرآنزیمی بودند.

نتایج نشان داد که مقدار بازدهی استخراج عصاره آب گرم در رقم دشت کمتر از رقم صحرا بود که براساس نتایج محققان این امر به بیشتر بودن مقدار ازت در دانه اولیه جو دشت نسبت به صحرا مربوط است (حسینی، ۲۰۰٤)، به‌طوری‌که انیج و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند هرچه مقدار پروتئین دانه اولیه بیشتر باشد سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و جوانه و در نتیجه اتلاف مالت‌سازی بالاتر و راندمان استخراج عصاره آب گرم آن کمتر خواهد بود. آگو (۲۰۰۳) نیز با تأیید این مطلب افزودند که کاهش ازت دانه موجب اصلاح بیشتر و یکنواخت‌تر آندوسپرم در مرحله جوانه‌زنی می‌گردد.

بنابراین نتایج این تحقیق در این مورد با نتایج انیج و همکاران (۲۰۰۳) و آگو (۲۰۰۳) کاملاً مطابقت داشت.



شکل ۲- اثر دما و نوع خشک‌کن بر استخراج عصاره آب سرد مالت رقم صحرا و دشت.
ترکیبی I: ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد، ترکیبی II: ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد.

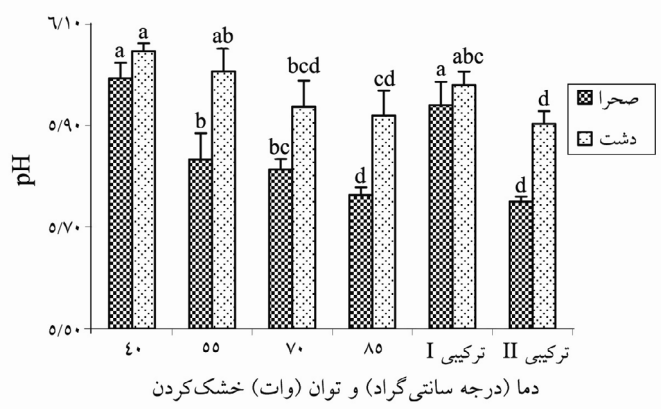


شکل ۳- اثر دما و نوع خشک‌کن بر بازدهی استخراج عصاره آب گرم مالت رقم صحرا و دشت.
ترکیبی I: ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد، ترکیبی II: ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد.

pH: همان‌طور که در شکل (٤) مشاهده می‌شود افزایش دما و توان سبب کاهش معنی‌دار مقدار pH گردید (P<۰/۰۵). در هر کدام از ارقام صحرا و دشت بیشترین مقدار در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد (به‌ترتیب ۵/۹۹ و ٦/۰۵) و کمترین مقدار آن در خشک کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد (به‌ترتیب ۵/۷۵ و ۵/۹۰) بود (P<۰/۰۵).

طی مرحله خشک‌کردن بسته به دمای مورد استفاده شدت واکنش میلارد متفاوت است. در همین راستا نتایج بریجز (۱۹۹۸) پس از استفاده از دماهای مختلف عمل‌آوری طی خشک‌کردن بیان‌کننده کاهش مقدار pH با افزایش دما بود.

نتایج تحقیق حاضر نیز با نتایج سحری (۲۰۰۱) و بریجز (۱۹۹۸) کاملاً مطابقت داشت. نتایج گرفته شده از خشک‌کردن ترکیبی نیز با یافته‌های به‌دست آمده از خشک‌کن هوای داغ هماهنگی داشت و با افزایش توان از مقدار pH کاسته شد.



شکل ٤- اثر دما و نوع خشک‌کن بر pH ورت مالت رقم صحرا و دشت.

ترکیبی I: ١٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد، ترکیبی II: ٣٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد.

رنگ: همان‌گونه که در شکل (٥) مشاهده می‌شود بیشترین مقدار اختلاف رنگ (در سطح ٥ درصد) در هر دو رقم با خشک‌کردن ترکیبی در ٣٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. به‌طوری‌که میزان اختلاف رنگ مالت نسبت به جو اولیه به‌ترتیب در رقم صحرا و دشت از ١/٢٥ و ٣/٤٦ در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد به ٢/٧٨ و ٦/٣٧ در ٣٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد رسید. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که بین خشک‌کردن با هوای داغ و ترکیب هوای داغ با مایکروفر در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

مقایسه میانگین سه مؤلفه رنگ L، a و b در جدول (١) آورده شده است. مؤلفه L در محدوده ٦٠/٨١ تا ٥٧/٨٤ و ٦٠/٣٨ تا ٥٧/٨٥ به‌ترتیب برای ارقام صحرا و دشت و در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ و خشک‌کردن ترکیبی ٣٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد تغییر کرد. کمترین و بیشترین مقدار مؤلفه a در رقم صحرا، ٦/٢٦ و ٦/٦٠ و در رقم دشت ٦/٦٦ و ٧/١٤ بود. همچنین محدوده تغییرات مؤلفه b، ٢٧/٦٩-٢٩/١٩ و ٢٨/٣٣-٢٩/٤٥ به‌ترتیب در رقم صحرا و دشت بود.

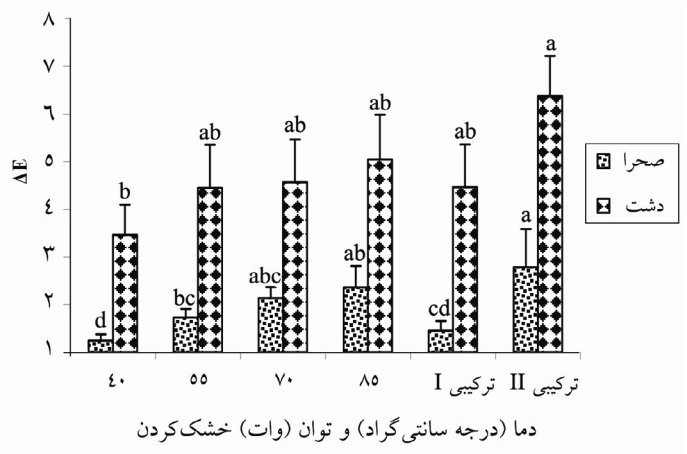
مهم‌ترین عامل تشکیل رنگ، واکنش‌های غیرآنزیمی میلارد طی مرحله خشک‌کردن مالت سبز است. لو و همکاران (٢٠٠٤) بیان کردند که خشک‌کردن به‌خصوص در دمای بالا، مسئول انجام بسیاری از واکنش‌های میلارد است که در نهایت باعث تشکیل رنگ و آروما در ورت می‌گردد. نتایج بتی (١٩٩٦) نشان داد با افزایش دما رنگ مالت که توسط فاکتور L و با دستگاه هانترلب مورد ارزیابی قرار گرفت، تیره‌تر شد همچنین با کنترل دما و سرعت هوای خشک‌کن می‌توان مالت‌های متعدد با رنگ‌های مختلف تولید کرد. براساس نتایج بریجز (١٩٩٨) طی خشک‌کردن مقدار ترکیبات ملانوئیدین و ملانین افزایش می‌یابد. همچنین وی با بررسی رنگ مالت به‌دست آمده از غلات، علت وجود رنگ را تشکیل ملانوئیدین طی مرحله خشک‌کردن دانست. همچنین وی بیان داشت مقدار بازدهی استخراج عصاره آب سرد با عطر و طعم و همچنین شدت رنگ مرتبط است.

با توجه به نتایج دانشمندان ذکر شده و همچنین نتایج به‌دست آمده از بازدهی استخراج عصاره سرد، یافته‌های تحقیق حاضر بیانگر نظر لو و همکاران (٢٠٠٤)، بتی (١٩٩٦) و بریجز (١٩٩٨) است (شکل ٢).

جدول ۱- تأثیر دما و نوع خشک‌کن بر رنگ مالت ارقام مختلف جو.

دما و توان	b		a		L	
	صحرا	دشت	صحرا	دشت	صحرا	دشت
٤٠ درجه سانتیگراد	٢٨/٤٩^{abcd*}	٢٨/٣٣^{bcd}	٦/٤٦^{bcd}	٦/٨٣^{abcd}	٦٠/٣٨^{a}	٦٠/٨١^{a}
٥٥ درجه سانتیگراد	٢٧/٩٥^{cd}	٢٨/٧٠^{abcd}	٦/٦٠^{abcd}	٦/٦٦^{abcd}	٦٠/٠٦^{a}	٥٩/٧٤^{a}
٧٠ درجه سانتیگراد	٢٧/٦٩^{d}	٢٨/٨٢^{abc}	٦/٣٥^{cd}	٦/٩٣^{abc}	٥٩/١٢^{ab}	٥٩/٦٨^{a}
٨٥ درجه سانتیگراد	٢٧/٩٧^{cd}	٢٩/٤٥^{a}	٦/٥٢^{bcd}	٧/١٤^{a}	٥٩/٠٢^{ab}	٥٩/٢٩^{ab}
١٠٠ وات	٢٧/٨١^{cd}	٢٩/١٨^{ab}	٦/٢٦^{d}	٦/٨٣^{abcd}	٦٠/٢٦^{a}	٥٩/٧٥^{a}
٣٠٠ وات	٢٩/١٩^{ab}	٢٨/٣٣^{bcd}	٦/٤٠^{bcd}	٦/٩٥^{ab}	٥٧/٨٤^{b}	٥٧/٨٥^{b}

*حروف مشترک در سطح اطمینان ٥ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ٥- اثر دما و نوع خشک‌کن بر ΔE مالت رقم صحرا و دشت.

ترکیبی I: ١٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد، ترکیبی II: ٣٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد.

نتیجه‌گیری

١- بررسی اثر دمای خشک‌کن هوای داغ بر ویژگی‌های کیفی مالت بیان‌کننده کاهش قدرت دیاستاتیک، بازدهی استخراج عصاره آب سرد، بازدهی استخراج عصاره آب گرم و pH با افزایش دما در مالت به‌دست آمده از ارقام جو است. همچنین ویژگی‌های کیفی مالت‌های خشک‌شده نشان داد دمای ٥٥ درجه سانتی‌گراد برای تولید مالت آنزیمی و دمای ٨٥ درجه سانتی‌گراد جهت تولید مالت غیرآنزیمی دمای مناسبی است.

٢- نتایج استفاده از خشک‌کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروفر نشان داد با افزایش توان قدرت دیاستاتیک، بازدهی استخراج عصاره آب سرد، بازدهی استخراج عصاره آب گرم و pH کاهش یافت.

٣- از آن‌جا که خشک‌کردن یکی از پرهزینه‌ترین مراحل تولید مالت می‌باشد بنابراین استفاده از روش خشک‌کردن ترکیبی گزینه مناسبی است. با توجه به نداشتن تفاوت بارز در ویژگی‌های کیفی مالت خشک‌شده در دمای ٥٥ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ و ١٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد خشک‌کردن ترکیبی و همچنین شباهت ویژگی‌های کیفی مالت تولیدی در ٨٥ درجه سانتی‌گراد و ٣٠٠ وات- ٥٥ درجه سانتی‌گراد می‌توان از این دو توان به‌ترتیب برای تولید مالت آنزیمی و غیرآنزیمی استفاده کرد.

منابع

1.Agu, R.C. 2003. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties. Journal of Institute of Brewing, 109: 2. 106-109.

2.Agu, R.C., Devenny, D.L., Tillett, I.J.L., and Palmer, G.H. 2002. Malting performance of normal husklees and acid-dehusked barley samples. Journal of Institute of Brewing. 108(2):215-220.

3.Anonymouse. 1989. Laboratory Methods in Malting. International Center for Brewing and Distilling Heriot -Watt University, Edinburgh, Scotland, 22p.

4.Association of Analytical Chemists. 2006. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 18th edition. AOAC Washington, DC.

5.Bhatty, R.S. 1996. Production of food malt from hull-less barley. Journal of Bulton Cereal Chemistry, 73: 1. 75-80.

6.Biazus, J.P.M., Souza, A.G., Santana, J.C.C., Sauza, R.R., and Tambougi, E.B. 2005. Optimization of drying process zea mays malt to use as alternative source of amylolytics enzymes Brazilian Archires of Biology and Technology, 48: 185-190.

7.Briggs, D.E. 1998. Malt and Malting. Blackie Academic and Profession, London.

8.Eneje, L.O., Ogu, E.O., Aloh, C.U., Odibo, F.J.C., Agu, R.C., and Palmer, G.H. 2003. Effect of steeping and germination time on malting performance of Nigerian white and yellow maize varieties, Process Biochemistry, 39: 8. 1013-1016.

9.Hamalainen, J.J., and Reinikainen. 2007. A simulation model for malt enzyme activities kilning. Journal of Institute of Brewing, 113: 2. 159-167.

10.Hosseini, H.G. 2004. Investigation of malting quality of barley varieties and lines of Golestan state, M.Sc. thesis, faculty of nutrition and food technology sciences, Shahid Beheshti University, 95p. (In Persian)

11.Krokida, M.K., Tsami, E., and Maroulis, Z.B. 1998. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. Journal of Bulton Drying Technology, 16: 3-5. 667-685.

12.Lioyd, W.J.W. 1988. Environmental effects on the biochemical phases of malt kilning. Journal of American Society of Brewing Chemists, 46: 8-13.

13.Lowe, D.P., Ulmer, H.M., Sinderene, D.V., and Arendt, E.K. 2004. Application of biological acidification to improve the quality and process ability of wort produced from 50% raw barley. Journal of Institute of Brewing, 110: 2. 133-140.

14.Moris, P.C., and Bryce, J.H. 2000. Cereal Biotechnology, Woodhead Publishing Limited. Washington. 237p.

15.Osman, A.M., Coverdate, S.M., Cole, N., Hamilton, S.E., Jersey, J.D., and Inkerman, P.A. 2002. Characterisation and assessment of role of barley malt endoproteases during malting and mashing. Journal of Institute of Brewing, 108: 1. 62-67.

16.Prakash, S., Jha, S.K., and Datta, N. 2004. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers, Journal of Food Engineering, 62: 305-313.

17.Sahari, M.A. 2001. Chemical browning reaction in food material, Andishmand Press, 63p. (In Persian).

18.Urio, M., and Eigel, W.E. 1999. Duration of kilning treatment on α-amylase, β-amylase and endo-(1,3)(1,4)-β-D-glucanase activity of malted sorghum (*Sorghum bicolor*). Journal of Bulton Process biochemistry, 35: 433-436.