

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

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی،

^۲دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان،

^۴کارشناسی ارشد 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 میکروفر جهت آب‌گیری به دلیل 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 به ترتیب 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 میکروفر، ویژگی‌های کیفی روندی مشابه خشک‌کن هوای داغ داشتند.

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

مقدمه

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

مالت‌سازی از قدیمی‌ترین عملیات بیوتکنولوژیکی و منظور از آن فرآیند جوانه‌زنی محدود و کنترل شده غلات است که پس از خشک‌کردن، 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).

* - مسئول مکاتبه: narjes_aghajani@yahoo.com

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 (۱۹۹۶) با مطالعه اثر خشک‌کردن مالت سبز در دماهای ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بر رنگ و فعالیت آنزیمی مالت‌های به‌دست آمده بیان داشت با افزایش دما، رنگ مالت که توسط فاکتور L و با دستگاه هانتربل مورد ارزیابی قرار گرفت، تیره‌تر شد. همچنین در دمای ۸۵ 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 (۲۰۰۵) بهینه‌سازی خشک‌کردن مالت ذرت را در دمای ۵۴، ۶۴ و ۷۶ درجه سانتی‌گراد بررسی و مشاهده نمودند که دمای ۵۴ درجه سانتی‌گراد برای خشک‌کردن مالت آنزیمی ذرت دمای مناسبی است. سحری (۲۰۰۱) بیان داشت در هنگام خشک کردن به‌دلیل واکنش قندهای احیاء‌کننده با عامل آمینی اسیدهای آمینه و تولید ترکیبات ملانوییدین، با افزایش امکان تشکیل این ترکیبات رنگی از مقدار pH کاسته می‌شود.

یوریو و ایجل در سال ۱۹۹۹ بیان کردند هرگاه مالت با رطوبت بیش از ۱۰ درصد با دمای بالا مواجه شود، غیرفعال شدن آنزیم‌ها تسریع می‌گردد ولی اگر رطوبت مالت کمتر باشد، در دماهای بالاتر نیز آنزیم‌های زیاده‌تری 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، ۲۰۰۷).

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

مقادیری از آنزیم برای انجام فرآیند عصاره‌گیری در مالت باقی می‌ماند. معمولاً خشک‌کردن از دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد شروع و آب موجود در نمونه تا وقتی که 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 این که رطوبت به ۸-۵ 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 بریس، ۲۰۰۰).

نتایج تحقیق هاملا اینن و رینی کینن (۲۰۰۷) روی فعالیت آنزیم‌ها پس از خشک‌کردن در دماهای ثابت ۴۰، ۵۰، ۵۵، ۶۰ و ۶۵ 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 ۴۰ درصد ایجاد شد.

بریجز (۱۹۹۸) 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 حالی که در مالت تیره، افزایش دمای خشک‌کردن سبب کاهش آن می‌گردد.

لو و همکاران (۲۰۰۴) 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 (۱۹۸۸) 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

دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ 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 ۴۰، 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 به مدت 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 به دست 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 ۷-۴ درصد ادامه یافت (بنتی، ۱۹۹۶).

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 به مقدار قدرت آنزیمی نمونه، ۳-۱ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی برداشته و به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول نشاسته افزوده شد و به مدت ۱

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 ۳۰۰-۳۰۰۰۰۰ 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، ۲۰۰۴).

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 (کاوش مگا، ایران)، بن‌ماری (طب آزما، ایران)، پیکنومتر ترمومتر دار (ایزولب، آلمان)، ترازو دیجیتال (سارتریوس- دقت ۰/۰۰۱ گرم)، pH متر (متروم، سوئیس)، رنگ‌سنج هانتربل (دیتا کالر، آمریکا)، اتاقلک جوانه‌زنی (ابعاد ۳۸×۲۲×۹ 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 به صورت زیر انجام شد. بوجاری نمونه‌های جو با استفاده از الک و به صورت دستی انجام و سپس ۵۰۰ گرم جو توزین گردید و در

در مالت و مقدار گرم عصاره در ۱۰۰ گرم ورت با استفاده از جدول پلاتو (۳۰-۹۳۵، AOAC).

pH مالت: پس از آسیاب کردن دانه‌ها با توزین ۱۰ گرم آرد و افزودن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن پس از ۳۰-۱۵ دقیقه تعیین شد (۲۹-۹۴۵، AOAC).

رنگ دانه: 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).

$$\Delta E = [(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)]^{1/2} \quad (5)$$

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 به ترتیب در رقم صحرا (۱۴۶/۶۷ درجه لیتنر) و رقم دشت (۲۰۲/۸۷ درجه لیتنر) مربوط به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ و کمترین آن در رقم صحرا (۵۰/۲۲ درجه لیتنر) و رقم دشت (۵۳/۲۳ درجه لیتنر) مربوط به

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 لیتنر ($^{\circ}L$) با معادله زیر انجام گرفت (بی‌نام، ۱۹۸۹).

$$(1) \quad \text{قدرت دیاستاتیک } (^{\circ}L) = \frac{2000}{yX}$$

X و y = به ترتیب 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 به دست 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).

$$(2) \quad \text{بازدهی استخراج عصاره آب سرد (درصد)} = \frac{20 \times G}{3/86}$$

$$(3) \quad G = 1000 \text{ (چگالی نسبی)}$$

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 ۴ رقم اعشار گزارش گردید. بازدهی استخراج عصاره آب گرم با استفاده از معادله ذیل محاسبه شد.

$$(4) \quad E = \frac{P(800+M)}{(100-P)} \text{ (درصد)}$$

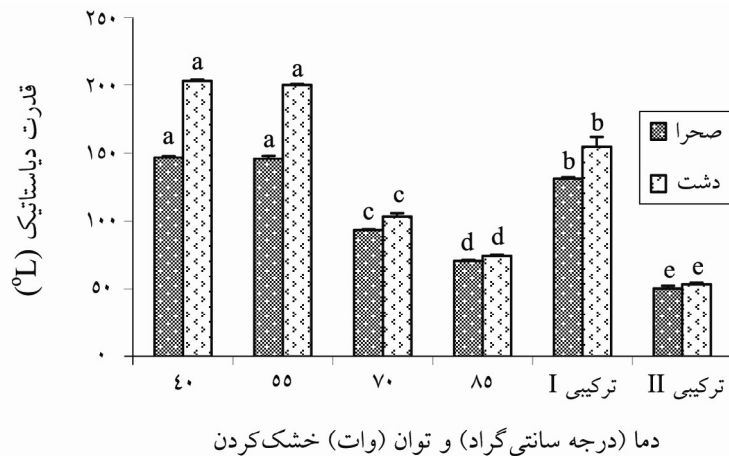
E ، M و P به ترتیب برابر است با درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم براساس ماده خشک، درصد آب

را غیرفعال و در نتیجه مالت غیرآنزیمی تولید کند. بایاسوز و همکاران (۲۰۰۵) نیز پس از بررسی بهینه‌سازی خشک کردن مالت ذرت بیان کردند دمای خشک کردن 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 خشک کردن 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)، هاملایین و رینی‌کینن (۲۰۰۷)، لاید (۱۹۸۸)، بتی (۱۹۹۶) و بایاسوز و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. از آن‌جا که خشک کردن یکی از پرهزینه‌ترین مراحل تولید مالت می‌باشد بنابراین می‌توان از روش خشک کردن ترکیبی استفاده کرد. نتایج این تحقیق نیز در مورد استفاده از خشک کردن ترکیبی مالت سبز در آون و مایکروفر نشان‌دهنده مناسب بودن توان ۱۰۰ وات در برنامه خشک کردن مالت جهت تولید مالت آنزیمی و توان ۳۰۰ وات جهت تولید مالت غیرآنزیمی است که نزدیک بودن مقادیر قدرت دیاستاتیک در این توان‌ها به ترتیب با دمای ۵۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بیانگر این مطلب است. به این ترتیب از زمان خشک کردن و در نتیجه مقدار انرژی مورد نیاز در تولید مالت کاسته می‌شود.

خشک کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات - ۵۵ درجه سانتی‌گراد است. همچنین با افزایش دما و توان به ترتیب در خشک کن هوای داغ و خشک کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروویو از مقدار قدرت دیاستاتیک به‌طور معنی‌دار کاسته شد ($P < 0.05$).

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) علاوه بر آن که فعالیت آنزیم باقی می‌ماند، جوانه‌زنی و افزایش قدرت دیاستاتیک در مراحل اولیه خشک کردن نیز ادامه می‌یابد. نتایج تحقیق هاملایین و رینی‌کینن (۲۰۰۷) بیانگر افزایش قدرت دیاستاتیک در شروع عملیات خشک کردن دانه‌های با رطوبت بیش از ۴۰ درصد بود. لاید (۱۹۸۸) نیز در تحقیق مشابهی نتیجه گرفت در صورت استفاده از برنامه دمایی جهت خشک کردن مالت سبز در ابتدای مرحله خشک کردن که دما پایین‌تر است، فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا- آمیلاز و اندو بتا- گلوکوناز افزایش می‌یابند، اما با افزایش دما به‌طور قابل توجهی غیرفعال می‌گردند. همچنین این محقق در ادامه بررسی خود بیان کرد در مالت‌های رنگی که در دما و رطوبت بالا خشک می‌شوند به دلیل 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 آمیلولیتیک به دوسوم مقدار آن در مالت آنزیمی رسید و همچنین توانست با استفاده از خشک کردن در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر آنزیم‌ها



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

انجام بسیاری از واکنش‌های میلارد است. هاملا این و رینی کینن (۲۰۰۷) اظهار داشتند تشکیل ترکیبات رنگی، عطر و طعم و غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها طی خشک کردن مالت سبز اتفاق می‌افتد که شدت این امر به دمای مورد استفاده جهت خشک کردن بستگی دارد. در همین راستا نتایج بریجز (۱۹۹۸) بیان‌کننده کاهش بازدهی سرد و افزایش مقدار ترکیبات ملانوئیدین و ملانین طی خشک کردن است. نتایج به دست 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. به دلیل بالا بودن دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد، طی خشک کردن 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.

بازدهی استخراج عصاره آب سرد: نتایج به دست آمده از آنالیز بازدهی استخراج عصاره آب سرد بیانگر آن بود که بیشترین مقدار استخراج عصاره آب سرد به ترتیب در رقم صحرا (۲۱/۷۶ درصد) و رقم دشت (۱۹/۱۶ درصد) مربوط به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک کن هوای داغ و کمترین آن در رقم صحرا (۹/۹۷ درصد) و رقم دشت (۸/۲۳ درصد) مربوط به خشک کردن 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 ($P < 0.05$).

بازدهی استخراج عصاره آب سرد یکی از معیارهای ارزیابی کیفی مالت است و بیانگر مقدار ترکیباتی است که در مرحله جوانه‌زنی به صورت محلول درآمده است. این مواد محلول ترکیبات اولیه مورد نیاز برای واکنش میلارد هستند که بسته به دمای خشک کردن 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 خشک کردن می‌گردد. لو و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که خشک کردن به خصوص در دمای بالا، مسئول

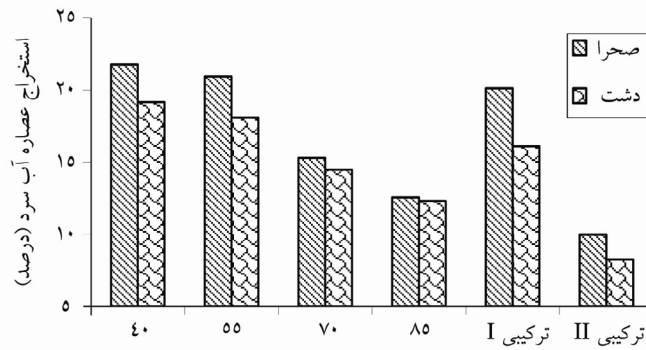
مالت‌های آنزیمی رسید. یافته‌های بریجز (۱۹۹۸) نیز بیانگر کاهش بازدهی عصاره آب گرم و سرد طی مرحله خشک‌کردن است. با توجه به نتایج اثر دما بر قدرت دیاستاتیک در شکل (۱) می‌توان گفت که با توجه به یکسان بودن مرحله جوانه‌زنی در هر یک از ارقام، بین بازدهی استخراج عصاره آب گرم و قدرت دیاستاتیک ارتباط مستقیمی وجود 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 (۱۹۹۶) 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، ۲۰۰۴)، 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.

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 (۱۹۹۶) و لو و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت داشت.

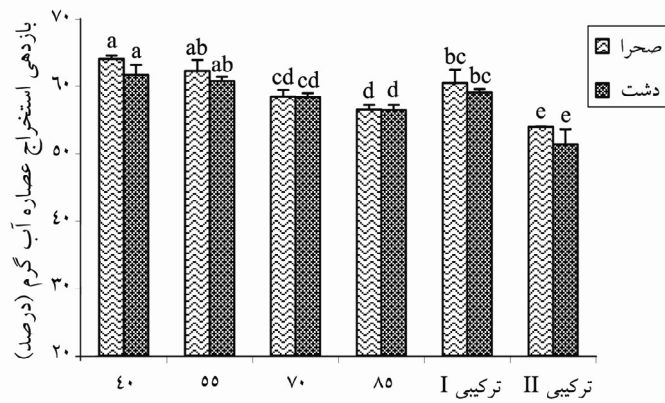
بازدهی استخراج عصاره آب گرم: مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد بیانگر آن است که بیشترین مقدار بازدهی استخراج عصاره آب گرم در هر دو رقم مربوط به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و برابر ۶۴/۰۹ در رقم صحرا و ۶۱/۷۱ درصد در رقم دشت بود، کمترین مقدار آن نیز مربوط به خشک‌کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات - ۵۵ درجه سانتی‌گراد و برابر ۵۳/۹۹ و ۵۱/۳۸ درصد به‌ترتیب در رقم صحرا و دشت بود ($P < 0.05$). اثر دما و توان نیز در هر دو رقم معنی‌دار است ($P < 0.05$).

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 (۱۹۹۶) نیز با انجام تحقیقی در ارتباط با مالت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی عنوان کرد فعالیت آنزیم‌های آمیلولیتیک و بتا- گلوکوناز در مالت‌های غیرآنزیمی به دوسوم و فعالیت آنزیم پروتئولیتیک به نصف مقدار آن در



دما (درجه سانتی گراد) و توان (وات) خشک کردن

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



دما (درجه سانتی گراد) و توان (وات) خشک کردن

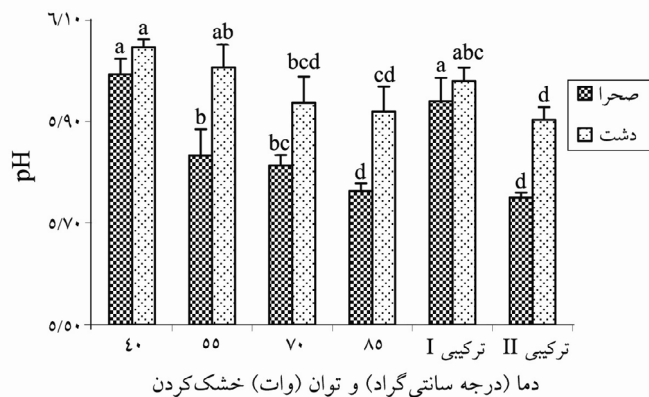
شکل ۳- اثر دما و نوع خشک کن بر بازدهی استخراج عصاره آب گرم مالت رقم صحرا و دشت. ترکیبی I: ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد، ترکیبی II: ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد.

بریزج (۱۹۹۸) پس از استفاده از دماهای مختلف عمل آوری طی خشک کردن بیان کننده کاهش مقدار pH با افزایش دما بود.

نتایج تحقیق حاضر نیز با نتایج سحری (۲۰۰۱) و بریزج (۱۹۹۸) کاملاً مطابقت داشت. نتایج گرفته شده از خشک کردن ترکیبی نیز با یافته‌های به دست آمده از خشک کن هوای داغ هماهنگی داشت و با افزایش توان از مقدار pH کاسته شد.

pH: همان طور که در شکل (۴) مشاهده می شود افزایش دما و توان سبب کاهش معنی دار مقدار pH گردید ($P < 0/05$). در هر کدام از ارقام صحرا و دشت بیشترین مقدار در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد (به ترتیب ۵/۹۹ و ۶/۰۵) و کمترین مقدار آن در خشک کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد (به ترتیب ۵/۷۵ و ۵/۹۰) بود ($P < 0/05$).

طی مرحله خشک کردن بسته به دمای مورد استفاده شدت واکنش میلارد متفاوت است. در همین راستا نتایج



شکل ۴- اثر دما و نوع خشک کن بر pH ورت مالت رقم صحرا و دشت. ترکیبی I: ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد، ترکیبی II: ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد.

مهم ترین عامل تشکیل رنگ، واکنش های غیرآنزیمی میلارد طی مرحله خشک کردن مالت سبز است. لو و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که خشک کردن به خصوص در دمای بالا، مسئول انجام بسیاری از واکنش های میلارد است که در نهایت باعث تشکیل رنگ و آروما در ورت می گردد. نتایج بتی (۱۹۹۶) نشان داد با افزایش دما رنگ مالت که توسط فاکتور L و با دستگاه هانتربل مورد ارزیابی قرار گرفت، تیره تر شد همچنین با کنترل دما و سرعت هوای خشک کن می توان مالت های متعدد با رنگ های مختلف تولید کرد. براساس نتایج بریجز (۱۹۹۸) طی خشک کردن مقدار ترکیبات ملانوییدین و ملانین افزایش می یابد. همچنین وی با بررسی رنگ مالت به دست آمده از غلات، علت وجود رنگ را تشکیل ملانوییدین طی مرحله خشک کردن 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 به دست آمده از بازدهی استخراج عصاره سرد، یافته های تحقیق حاضر بیانگر نظر لو و همکاران (۲۰۰۴)، بتی (۱۹۹۶) و بریجز (۱۹۹۸) است (شکل ۲).

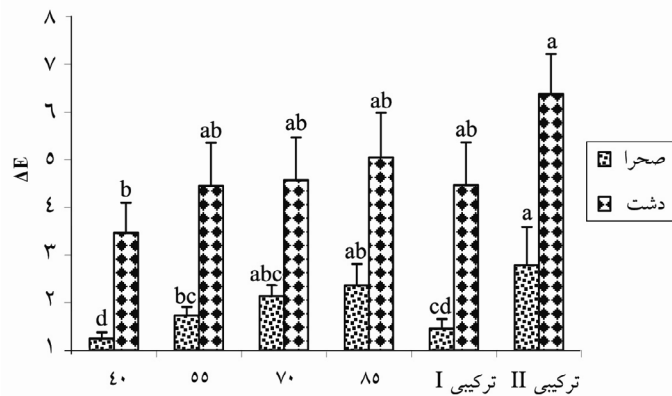
رنگ: همان گونه که در شکل (۵) مشاهده می شود بیشترین مقدار اختلاف رنگ (در سطح ۵ درصد) در هر دو رقم با خشک کردن ترکیبی در ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد حاصل شد. به طوری که میزان اختلاف رنگ مالت نسبت به جو اولیه به ترتیب در رقم صحرا و دشت از ۱/۲۵ و ۳/۴۶ در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به ۲/۷۸ و ۶/۳۷ در ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد رسید. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که بین خشک کردن با هوای داغ و ترکیب هوای داغ با مایکروفر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت.

مقایسه میانگین سه مؤلفه رنگ L, a و b در جدول (۱) آورده شده است. مؤلفه L در محدوده ۶۰/۸۱ تا ۵۷/۸۴ و ۶۰/۳۸ تا ۵۷/۸۵ به ترتیب برای ارقام صحرا و دشت و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد خشک کن هوای داغ و خشک کردن ترکیبی ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی گراد تغییر کرد. کمترین و بیشترین مقدار مؤلفه a در رقم صحرا، ۶/۲۶ و ۶/۶۰ و در رقم دشت ۶/۶۶ و ۷/۱۴ بود. همچنین محدوده تغییرات مؤلفه b، ۲۷/۶۹-۲۹/۱۹ و ۲۸/۳۳-۲۹/۴۵ به ترتیب در رقم صحرا و دشت بود.

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

L	a		b		دما و توان	
	صحرا	دشت	صحرا	دشت		
۶۰/۸۱ ^a	۶۰/۳۸ ^a	۶/۸۳ ^{abcd}	۶/۴۱ ^{bcd}	۲۸/۳۳ ^{bcd}	۲۸/۴۹ ^{abcd*}	۴۰ درجه سانتیگراد
۵۹/۷۴ ^a	۶۰/۰۶ ^a	۶/۶۶ ^{abcd}	۶/۶۰ ^{abcd}	۲۸/۷۰ ^{abcd}	۲۷/۹۵ ^{cd}	۵۵ درجه سانتیگراد
۵۹/۶۸ ^a	۵۹/۱۲ ^{ab}	۶/۹۳ ^{abc}	۶/۳۵ ^{cd}	۲۸/۸۲ ^{abc}	۲۷/۶۹ ^d	۷۰ درجه سانتیگراد
۵۹/۲۹ ^{ab}	۵۹/۰۲ ^{ab}	۷/۱۴ ^a	۶/۵۲ ^{bcd}	۲۹/۴۵ ^a	۲۷/۹۷ ^{cd}	۸۵ درجه سانتیگراد
۵۹/۷۵ ^a	۶۰/۲۶ ^a	۶/۸۳ ^{abcd}	۶/۲۶ ^d	۲۹/۱۸ ^{ab}	۲۷/۸۱ ^{cd}	۱۰۰ وات
۵۷/۸۵ ^b	۵۷/۸۴ ^b	۶/۹۵ ^{ab}	۶/۴۰ ^{bcd}	۲۸/۳۳ ^{bcd}	۲۹/۱۹ ^{ab}	۳۰۰ وات

*حروف مشترک در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.



دما (درجه سانتی‌گراد) و توان (وات) خشک‌کردن

شکل ۵- اثر دما و نوع خشک‌کن بر ΔE مالت رقم صحرا و دشت.

ترکیبی I: ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد، ترکیبی II: ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد.

بازدهی استخراج عصاره آب سرد، بازدهی استخراج

عصاره آب گرم و pH کاهش یافت.

۳- 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 ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن هوای داغ و ۱۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک‌کردن ترکیبی و همچنین شباهت ویژگی‌های کیفی مالت تولیدی در ۸۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۰۰ وات- ۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌توان از این دو توان به ترتیب برای تولید مالت آنزیمی و غیرآنزیمی استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

۱- 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 ۵۵ درجه سانتی‌گراد برای تولید مالت آنزیمی و دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد جهت تولید مالت غیرآنزیمی دمای مناسبی است.

۲- نتایج استفاده از خشک‌کردن ترکیبی هوای داغ- مایکروفر نشان داد با افزایش توان قدرت دیاستاتیک،

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. Bhatta, 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.