بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم جو (صحرا و دشت)

نرجس آقاجانی[۱]، مهدی کدیور[۲*]، مهدی کاشانی نژاد[۱] و سید حسین حسینی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۵/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۱۷)

چکیده

از آنجا که بافت آندوسپرم جو بر فرایندهای فیزیولوژیکی تبدیل جو به مالت مؤثر است، آشنایی با ویژگی‌های آناتومی و فیزیکوشیمیایی آن اهمیت زیادی در کنترل فرایند دارد. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات طول، عرض، ضخامت، دانسیته دانه‌ای، دانسیته حجمی، تخلخل، نیتروژن کل، قند احیا کننده، قدرت دیاستاتیک، pH، مؤلفه‌های رنگ دستگاه هانترلب دو رقم جو طی فرایند مالت‌سازی است. نتایج تحقیق نشان داد طی فرایند مالت‌سازی عرض، ضخامت، قند احیا کننده و قدرت دیاستاتیک افزایش و دانسیته دانه‌ای، دانسیته حجمی و ازت کل کاهش یافت (P<۰/۰۵). نتایج بررسی تغییرات بافت طی فرایند، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که مقدار ازت دانه جو بر میزان اصلاح بافت آندوسپرم مؤثر است، به‌طوری‌که در رقم صحرا با مقدار ازت کمتر، نسبت به رقم دشت جداسازی گرانول‌های کوچک از شبکه پروتئینی و هضم دیواره سلولی به مقدار بیشتری دیده شد.

واژه‌های کلیدی: جو، مالت، اصلاح آندوسپرم، نیتروژن کل، خواص فیزیکی، خواص شیمیایی

مقدمه

جو بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم است که کشت آن به حدود ده هزار سال پیش بازمی‌گردد. (۹). از جو به طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی استفاده می‌شود، که مورد اخیر مهم‌ترین کاربرد آن است (۸). منظور از مالت‌سازی فرایند جوانه‌زنی کنترل شده غلات است که پس از خشک شدن محصولی ترد و دارای خواص تغذیه‌ای تولید می‌شود (۷). در صنعت مالت‌سازی از غلات مختلفی استفاده می‌گردد اما به دلیل وجود ترکیب شیمیایی خاص، تغییرات مطلوب طی جوانه‌زنی و وجود پوسته که نقش حفاظت از جوانه را طی حمل و نقل بر عهده دارد، جو از امتیاز بالاتری نسبت به سایر غلات برخوردار است (۹).

اندازه دانه جو عامل مهمی در صنعت مالت‌سازی است از آن جهت آگو بیان کرد که دانه‌های با اندازه‌های مختلف مقدار جذب آب متفاوتی دارند، به‌طوری‌که دانه‌های کوچک‌تر از ۲/۲ m نسبت به دانه‌های بزرگ‌تر سریع‌تر آب

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان
۲. دانشیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kadivar@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

جذب می‌کنند. این امر باعث عدم یک‌نواختی اصلاح دانه می‌گردد و نامطلوب است.

با توجه به تأثیر ترکیبات اولیه دانه اولمر و همکاران (۲۴) بالا بودن مقدار پروتئین دانه را به دلیل آن که موجب اصلاح ضعیف(Under modification) آندوسپرم دانه طی مالت‌سازی می‌گردد نامطلوب دانستند. کم بودن مقدار پروتئین نیز باعث عدم تولید کافی آنزیم می‌شود. این محققین ارتباط معکوسی بین مقدار پروتئین دانه و اصلاح آندوسپرم مالت تولیدی بیان کردند، زیرا هرچه مقدار پروتئین دانه کم‌تر باشد اصلاح آندوسپرم آن طی جوانه زنی بیشتر خواهد بود. آگو و همکاران در سال ۲۰۰۲ با تأیید این مطلب افزودند که کاهش ازت دانه موجب اصلاح بیشتر و یکنواخت‌تر آندوسپرم، در مرحله جوانه‌زنی می‌گردد(۱). انجی و همکاران نیز در سال ۲۰۰۳ بیان کردند هر چه 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 (۱۳).

تصاویر میکروسکوپ الکترونی گرفته شده از بافت دانه جو مالت شده توسط فرتزدرف و همکاران گواهی دهنده این مطلب بود که اصلاح مواد موجود در دیواره سلولی به طور ابتدایی مسئول تغییرات فیزیکی در دانه است، به طوری که پس از آن بافت آندوسپرم نرم‌تر و امکان توزیع آنزیم‌ها در آندوسپرم و هضم ساختارهای بزرگ سلولی فراهم می‌گردد (۱۵).

در ارتباط با اثر مرحله خشک کردن دانه مالت شده، لاو و همکاران خشک کردن به خصوص در دمای بالا را مسئول انجام بسیاری از واکنش‌های میلارد دانستند که نهایتاً عامل تشکیل رنگ و آروما در مالت است (۱۹).

با توجه به تأثیر بافت آندوسپرم جو بر فرایندهای فیزیولوژیکی تبدیل جو به مالت و عدم پژوهش مناسبی در این زمینه به خصوص در مورد ارقام ایرانی این تحقیق با هدف بررسی اثر ویژگی‌های آناتومی و فیزیکوشیمیایی دانه در کنترل فرایند مالت‌سازی از اقام جو صحرا و دشت که از پرمصرف‌ترین مواد اولیه در تهیه مالت کشور است، انجام شد.

مواد و روش‌ها

الف) مواد و تجهیزات

ارقام جو (صحرا و دشت) مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان و مواد شیمیایی آمونیاک، استات سدیم، اسید استیک گلایسیال، اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، استات سدیم، تنگستات سدیم، تولوئن، تیوسولفات سدیم، دی‌کرومات پتاسیم، سولفات روی، محلول سولفوکرمیک، کلرید پتاسیم، فری سیانید پتاسیم، هیدروکسید سدیم، یدید پتاسیم و نشاسته از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده عبارت بودند از: خشک‌کن هوای داغ با فن گردش هوا (Memert,WB-OB7-45، آلمان)، آسیاب برقی (پارس خزر)، الک آزمایشگاهی (الک مناسبی که از ۱۱ گرم دانه آسیاب شده، ۱۰ گرم آن از الک رد شود مانند الک شماره ۳۰ دماوند)، اینکوباتور یخچال‌دار (کاووش مگا)، بن‌ماری (طب آزما)، پیکنومتر ترمومتردار (ایزولب، آلمان)، ترازو دیجیتال (سارتریوس- دقت ۰/۰۰۱ گرم)، pH متر (Metrohm, 827)، کجلدال تمام اتوماتیک (Gerhadet KB/KBL، آلمان)، کولیس (شانگهای-دقت ۰/۰۲ میلی‌متر)، دسیکاتور، میکروسکوپ الکترونی (XL30، فیلیپس)، رنگ سنج هانترلب (دیتا کالر، آمریکا) و اتاقک جوانه‌زنی (ابعاد cm ۹× ۲۲× ۳۸).

ب) روش کار

- بوجاری نمونه‌های جو با استفاده از الک و به‌صورت دستی.
- توزین ۵۰۰ گرم جو و خیساندن(Steeping) آن به منظور **شروع فرایند مالت‌سازی:** این مرحله در دمای $17^{\circ}C$ و به مدت ۴۸ ساعت در اینکوباتور انجام و طی این مرحله چندین بار آب نمونه‌ها برای تأمین اکسیژن لازم برای تنفس جوانه (جنین) تعویض و همزده شد. مقدار آب مورد نیاز به اندازه‌ای است که سطح نمونه‌ها با آب پوشانده شود.
- **آبکشی نمونه‌های خیسانده شده و انتقال به اینکوباتور (دمای $17^{\circ}C$) برای انجام مرحله جوانه‌زنی:** این فرایند در درون اتاقک‌های فلزی درب‌دار انجام شد تا رطوبت در حد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

اشباع حفظ گردد. مدت زمان لازم برای انجام مطلوب فرایند اصلاح آندوسپرم دانه در رقم دشت ۵ و در رقم صحرا ۶ روز بود که طول جوانه رشد کرده باید تا ۰/۷۵ طول دانه برسد. محصول این مرحله مالت سبز نامیده می‌شود.

- **خشک کردن(Kilning) مالت سبز:** دانه‌های جوانه‌زده سپس برای خشک شدن به آون با دمای ۵۵°C به مدت ۲۴-۲۰ ساعت منتقل شدند، سپس مالت حاصل پس از جداسازی ریشه‌چه‌ها بسته‌بندی گردید.

در پایان در مورد مواد اولیه (ارقام جو صحرا و دشت) و مالت حاصل از آنها آزمایش‌ها به شرح زیر انجام و مقایسه صورت گرفت.

ابعاد دانه: طول، عرض و ضخامت دانه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

دانسیته دانه‌ای (ρ_k): با استفاده از پیکنومتر و بر اساس قانون جابجایی سیال (تولوئن) حجم ۱۰ دانه توزین شده (m_k) در دمای ۲۰ °C محاسبه شد و سپس از رابطه ۱ دانسیته دانه‌ای تعیین گردید.

$$\rho_k = \frac{m_k}{v} \qquad [۱]$$

دانسیته توده‌ای (ρ_b): برای اندازه‌گیری دانسیته توده‌ای از استوانه‌ای با حجم مشخص (۰/۵ لیتر) استفاده گردید. به این صورت که نمونه‌ها توسط قیفی که دهانه آن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر از لبه استوانه واقع شده، به درون استوانه ریخته شد. سپس اضافه نمونه‌ها با حرکت زیگزاکی یک رول لوله‌ای شکل روی سطح استوانه، جدا گردید. پس از اندازه‌گیری وزن دانه‌ها (m_b) دانسیته به کمک رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\rho_b = \frac{m_b}{v} \qquad [۲]$$

تخلخل (ε): پس از محاسبه دانسیته توده‌ای و دانه‌ای، تخلخل از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$\varepsilon = \frac{\rho_k - \rho_b}{\rho_k} \times 100 \qquad [۳]$$

رنگ دانه: بدین منظور دانه‌های جو و مالت مورد ارزیابی درون ظرف‌های کوچک استوانه‌ای خاص ریخته شد و در سیستم رنگی CIE Lab با استفاده از منبع نوری ماورای بنفش (۵۰٪) و اندازه دیافراگم ۱۸ cm، توسط دستگاه سه مؤلفه L، a و b تعیین و سپس اختلاف رنگ محصول نسبت به ماده اولیه با معادله ۴ محاسبه گردید.

مؤلفه L میزان روشنی و تیرگی نمونه را مشخص می‌کند و دارای محدوده ۱۰۰-o است. مقدار ۱۰۰ بیان کننده رنگ سفید و مقدار o مبین رنگ سیاه است. مقادیر مثبت مؤلفه a معرف رنگ قرمز، مقدار صفر بیان کننده 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 (۱۸).

$$\Delta E = \left[(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad [۴]$$

مقدار رطوبت: بر اساس روش ۹۳۵-۲۹ (AOAC) ابتدا نمونه‌ها آسیاب و ۵ گرم از پودر در ظروفی که قبلا در آون به وزن ثابت رسیده بودند، توزین شد. سپس در آون با دمای ۳ °C ۱۰۰± به مدت ۳ ساعت خشک گردید که پس از سرد شدن در دسیکاتور، توزین و با رابطه زیر محاسبات انجام شد.

$$\text{رطوبت (٪)} = \frac{\text{(وزن پس از خشک کردن - وزن قبل از خشک کردن)}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times ۱۰۰ \qquad [۵]$$

مقدار ازت: مقدار ازت در دانه جو و مالت با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک اندازه‌گیری شد که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود. پس از تیتراسیون مقدار ازت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۳).

$$\text{ازت (٪)} = \frac{\text{عدد تیتر} \times ۱۴/۰۰۸}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰ \qquad [۶]$$

مقدار قند احیا کننده: ابتدا ۵ گرم از نمونه آسیاب شده با ۴۶ میلی‌لیتر محلول بافر (۳ میلی‌لیتر اسید استیک به اضافه ۴/۱ میلی‌متر استات سدیم و افزایش حجم تا ۱ لیتر و سپس تنظیم pH در ۴/۸-۴/۶) در دمای ۳۰°C مخلوط و به مدت ۱ ساعت در این دما نگه‌داری شد. سپس ۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۱۰٪ و ۲ میلی‌لیتر تنگستات سدیم ۱۲٪ به نمونه اضافه گردید و پس

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

از ۲ دقیقه با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴ صاف شد. بسته به مقدار قند نمونه به ۵-۱ میلی‌لیتر آن ۱۰ میلی‌لیتر محلول فری سیانید (۳۳ گرم فری سیانید و ۴۴ گرم کربنات سدیم و رساندن حجم با آب مقطر به ۱ لیتر) اضافه و ۲۰ دقیقه در دمای جوش نگه‌داری شد، پس از سرد شدن ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید استیک (۷۰ گرم کلرید پتاسیم و ۴۰ گرم سولفات روی و افزودن ۲۰۰ میلی‌لیتر اسید استیک و رساندن حجم به ۱ لیتر)، ۱ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم (۵۰ گرم یدید پتاسیم به اضافه ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و افزودن ۱ میلی‌لیتر محلول سود ۱۰ نرمال) و ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته (۱ گرم نشاسته در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به آن افزوده و با تیوسولفات ۰/۱ نرمال تا از بین رفتن رنگ آبی تیتر گردید. مقدار قند مالتوز با استفاده از جدول این روش بر حسب گرم مالتوز در ۱۰ گرم آرد محاسبه شد (۶).

قدرت دیاستاتیک: ابتدا ۱۰ گرم دانه (جو یا مالت) آسیاب شده با ۱۲ میلی‌لیتر آمونیاک ۰/۲ نرمال که با آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسیده است، مخلوط و در اینکوباتور با دمای ۲۰ °C 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 ساعت در اینکوباتور با دمای ۲۰ °C 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 احیاء کننده تولید شده استفاده گردید. محاسبات قدرت دیاستاتیک بر اساس واحد لینتنر(Lintner) (°L) با معادله (۷) انجام گرفت (۳).

$$\text{قدرت دیاستاتیک } (^{\circ}L) = \frac{۲۰۰۰}{x\,y} \qquad [۷]$$

x= میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مصرفی

y= میلی‌لیتر نشاسته تبدیل شده مصرفی در تیتراسیون

pH جو و 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 (AOAC -۲۹).

عکس‌برداری از بافت دانه‌های جو و مالت حاصل از آنها بدین صورت بود که ابتدا از قسمت مرکزی دانه‌ها برش عرضی داده شد و پس از پوشش نمونه‌ها با طلا عکس‌ها در بزرگ‌نمایی‌های مختلف با استفاده از میکروسکوپ الکترونی گرفته شدند.

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد و نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌داده‌ها با آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

تأثیر فرایند مالت‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ارقام جو

ابعاد دانه: مقایسه میانگین داده‌ها در سطح اطمینان ۵٪ حاکی از آن است که بین طول دانه دو رقم جو صحرا و دشت و هم‌چنین مالت حاصل از آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). مقایسه عرض و ضخامت دانه‌ها نیز نشان داد که این دو بعد دانه طی فرایند مالت‌سازی به طور معنی‌داری نسبت به دانه جو اولیه افزایش یافته و مقدار آنها در جو و مالت دشت بیش از جو و مالت صحرا بود. طبق تحقیق آگو، مبنی بر تأثیر ابعاد دانه در فرایند مقدار عرض دانه بیشتر از ۲/۲mm جهت مالت‌سازی مناسب می‌باشد که از این نظر هر دو رقم جو صحرا و دشت ارقام مناسبی بودند(۱). هم‌چنین نتایج مقایسه ابعاد دانه طی فرایند مالت‌سازی با نتایج بریجز مبنی بر افزایش عرض و ضخامت دانه و عدم تغییر طول دانه طی فرایند مالت‌سازی مطابقت دارد (۸).

رطوبت: همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است فرایند مالت‌سازی سبب کاهش مقدار رطوبت در محصول نهایی می‌شود. از لحاظ آماری بین ارقام جو صحرا و دشت و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

جدول ۱. تأثیر فرایند مالت‌سازی بر ابعاد دانه‌های جو رقم‌های صحرا و دشت

ابعاد (mm)	صحرا		دشت	
	جو	مالت	جو	مالت
طول	۹/۱۰±۰/۷۰ a*	۸/۹۷±۰/۵۸ a	۸/۲۳±۰/۵۱ b	۸/۲۲±۰/۷۲ b
عرض	۲/۵۱±۰/۲۱ d	۲/۷۰±۰/۵۸ b	۲/۶۲±۰/۱۳ c	۲/۸۰±۰/۲۱ a
ضخامت	۳/۴۴±۰/۲۱ d	۳/۵۴±۰/۲۴ c	۳/۶۸±۰/۱۵ b	۳/۷۵±۰/۲۵ a

* : حروف مشترک در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۲. تأثیر فرایند مالت‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ارقام جو صحرا و دشت

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی	صحرا		دشت	
	جو	مالت	جو	مالت
رطوبت (w.b.%)	۱۰/۷۷±۰/۴۳ a*	۶/۵۱±۰/۱۱ c	۹/۷۷±۰/۴۳ b	۶/۱۶±۰/۰۲ c
تخلخل (٪)	۴۷/۲۴±۴/۶۸ b	۴۵/۹۶±۶/۲۴ b	۵۹/۹۰±۵/۰۵ a	۴۶/۱۸±۲/۷۵ b
دانسیته دانه‌ای (kg/m^3)	۱۱۸۲/۷۰±۱۰/۴۹ b	۹۶۸/۵۰±۱۴/۶۵ b	۱۷۸۷/۵۰±۳۵/۸۸ a	۱۰۶۱/۱۰±۷۶/۵۵ b
دانسیته حجمی (kg/m^3)	۶۲۰/۶۷±۳/۵۸ b	۵۱۷/۴۳±۶/۸۶ d	۷۰۸/۸۴±۱۰/۲۹ a	۵۶۹/۶۲±۱۰/۹۰ c
ازت کل (٪)	۱/۸۹±۰/۰۲ c	۱/۷۵±۰/۰۳ d	۲/۲۹±۰/۰۲ a	۲/۱۰±۰/۰۲ b
قند احیاء (گرم مالتوز در ۱۰ گرم آرد)	۰/۲۷±۰ c	۱/۳۰±۰/۰۲ a	۰/۱۲±۰/۰۱ d	۱/۰۱±۰/۰۵ b
قدرت دیاستاتیک (ºL)	۷۵/۶۲±۰/۱۴ c	۱۳۳/۲۱±۲/۶۳ b	۷۹/۸۷±۲/۴۶ c	۱۸۶/۷۳±۱/۳۱ a
pH	۵/۸۳±۰/۰۳ a	۵/۷۷±۰/۰۵ a	۶/۰۰±۰/۰۷ b	۶/۰۱±۰/۰۳ b

* : حروف مشترک در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

هم‌چنین دانه اولیه و مالت حاصل از آنها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده شد.

دانسیته حجمی، دانه‌ای و تخلخل: بررسی دانسیته حجمی دانه‌های جو نشان داد که به طور معنی‌داری جو رقم دشت نسبت به جو رقم صحرا دانسیته حجمی بیشتری داشت. هم‌چنین طی فرایند مالت‌سازی مقدار دانسیته حجمی به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P<0/05$). با توجه به نتایج مندرج در جدول ۲ می‌توان بیان کرد که اختلاف معنی‌داری بین دانسیته دانه‌ای و تخلخل ارقام جو صحرا و دشت در سطح ۵٪ وجود نداشت. هم‌چنین اثر فرایند مالت‌سازی بر این دو ویژگی ارقام جو معنی‌دار نبود ($P>0/05$). از آنجا که دانسیته حجمی و دانه‌ای تحت تأثیر همزمان وزن و حجم است علت کاهش این دو ویژگی را میتوان به کاهش وزن و افزایش حجم دانه طی فرایند مالت‌سازی نسبت داد، به‌طوری‌که کاهش وزن مالت نسبت به دانه جو اولیه طی مرحله خیساندن به دلیل خروج ترکیبات قابل حل در آب و تنفس دانه، طی مرحله جوانهزنی به دلیل مصرف ترکیبات تغذیه‌ای جهت رشد آکروسپایر و ریشه‌چه و نهایتاً پس از مرحله خشک کردن به دلیل جدا کردن آکروسپایر و ریشه‌چه اتفاق می‌افتد (۸ و۲۶). افزایش حجم دانه مالت شده نسبت به دانه جو اولیه در هر دو رقم نیز به علت افزایش دو بعد عرض و ضخامت دانه است (جدول ۱).

ازت کل: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقدار ازت جو رقم دشت نسبت به جو رقم صحرا به طور معنی‌دار بیشتر است ($P<0/05$). هم‌چنین فرایند مالت‌سازی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

باعث کاهش معنی‌دار مقدار ازت دانه در رقم صحرا و رقم دشت گردید. نتایج حاصل از این تحقیق (جدول ۲) با نتایج وینگارد و همکاران (۲۵)، بریجز (۸) و بتی (۶) مطابقت داشت.

وین‌گارد و همکاران (۲۵) نشان دادند طی مرحله خیساندن علاوه بر حل شدن ترکیبات ازته در آب، تنفس دانه نیز موجب کاهش مقدار ازت کل آن می‌شود، به طوری‌که با افزایش رطوبت از ۳۵٪ به ۴۰٪ مقدار ازت کل از ۲/۳۸٪ به ۲/۳۱٪ کاهش یافت. بریجز (۵) علاوه بر تأیید نتایج فوق، علت کاهش ازت دانه در فرایند مالت‌سازی را به مصرف ازت جهت رشد آکروسپایر و ریشه‌چه طی مرحله جوانه‌زنی و جداسازی این بافت‌ها پس از خشک کردن محصول نسبت داد. بتی (۶) نیز پس از بررسی تغییرات مقدار ازت دانه طی فرایند مالت‌سازی، کاهش مقدار ازت مالت را نسبت به دانه جو اولیه گزارش کرد.

قند احیا کننده: نتایج بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر مقدار قند احیا کننده نشان داد که مقدار آن در مالت حاصل از جو رقم صحرا بیش از مالت حاصل از جو رقم دشت است ($P<0/05$). مقدار ازت دانه جو عامل مهمی در تعیین کیفیت مالت تولیدی است. در این راستا فاکس و همکاران (۱۴) با توجه به توازن معکوس بین کربوهیدرات (نشاسته) و پروتئین دانه نشان دادند با افزایش مقدار پروتئین، مقدار کربوهیدرات در دسترس آنزیم کاهش می‌یابد. آگو و همکاران (۳) و اولمر و همکاران (۲۴) نیز با تأیید این مطلب افزودند که کاهش ازت دانه موجب اصلاح بیشتر و یک‌نواخت‌تر آندوسپرم در مرحله جوانه‌زنی می‌گردد. بنابراین بیشتر بودن مقدار قند احیا کننده مالت رقم صحرا را نسبت به مالت رقم دشت می‌توان به وجود مقدار ازت کمتر جو صحرا و اصلاح مناسب‌تر بافت آن نسبت داد که با نتایج فاکس و همکاران (۱۴)، آگو و همکاران (۳) و اولمر و همکاران (۲۴) مطابقت دارد. از طرفی نتایج تحقیق سوهازین و همکاران (۲۳) حاکی از آن بود که طی جوانه‌زنی به دلیل هیدرولیز جزیی نشاسته مقدار قندهای آزاد به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، به طوری‌که پس از طی ۷۲ ساعت جوانه‌زنی مقدار قند کل از ۱/۳۲ گرم در ۱۰۰ گرم دانه اولیه به ۴/۸۶ گرم در ۱۰۰ گرم دانه جوانه‌زده افزایش یافت.

قدرت دیاستاتیک: همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود مالت حاصل از جو رقم دشت دارای قدرت دیاستاتیک بیشتری نسبت به مالت حاصل از جو رقم صحرا است و بیانگر آن است که فرایند مالت‌سازی سبب افزایش معنی‌دار قدرت دیاستاتیک در هر دو رقم جو صحرا و دشت گردیده است ($P<0/05$). قدرت دیاستاتیک توانایی تجزیه و هضم نشاسته در مالت جو را نشان میدهد. بتی (۶) در بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر دانه جو گزارش کرد که مقدار قدرت دیاستاتیک دانه جو مورد بررسی از ۷۱/۱ واحد ASBC به ۱۸۹/۵ واحد ASBC افزایش یافت. آگو و پالمر (۲) نیز در تحقیق مشابهی افزایش مقدار قدرت دیاستاتیک را با افزایش زمان جوانه‌زنی تأیید کردند. اولمر و همکاران (۲۴) با بررسی تأثیر پروتئین ارقام مختلف جو بر ویژگی‌های کیفی مالت اظهار کردند که افزایش مقدار پروتئین در ارقام جو اولیه موجب افزایش مقدار قدرت دیاستاتیک گردید. که نتایج تحقیق اخیر مورد تأیید امبری و همکاران (۱۱ و ۱۲) و روی و سینگ (۲۲) نیز بود.

با توجه به بیشتر بودن مقدار ازت در جو رقم دشت (جدول ۲) نتایج این تحقیق با نتایج بتی (۶)، آگو و پالمر (۲)، اولمر و همکاران (۲۴)، امبری و همکاران (۱۱ و ۱۲) و روی و سینگ (۲۲) مطابقت دارد.

pH: همان‌طوری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود جو رقم دشت دارای pH بیشتری نسبت به جو رقم صحرا بود و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین pH ارقام جو در سطح ۵٪ وجود داشت ولی اثر فرایند مالت‌سازی بر pH در هیچ یک از ارقام معنی‌داری نبود ($P>0/05$). در رقم دشت به دلیل وجود ازت بیشتر (ترکیبات آمینی) در دانه، pH بیشتری نیز مشاهده شد. با توجه به نتایج جونز (۲۰۰۵) pH نهایی ورت ۴/۸-۶/۴ است که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

رنگ: آنالیز نتایج بدست آمده از مؤلفه‌های رنگ هانترلب ارقام جو صحرا و دشت و مالت حاصل از آنها (جدول ۳) حاکی از آن است که مؤلفه L در جو رقم دشت به طور معنی‌داری بیش از جو رقم صحرا بود. کاهش این مؤلفه طی فرایند مالت‌سازی تنها در مورد رقم دشت معنی‌دار بود ($P<0/05$).

میانگین مقدار مؤلفه a بین دو رقم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با یکدیگر نداشتند، ولی اثر فرایند در مورد این مؤلفه در هر دو رقم جو معنی‌دار بود به طوری که مؤلفه a در رقم دشت از ۵/۸۶ به ۶/۶۵ و در رقم صحرا از ۵/۳۷ به ۶/۶۰ کاهش یافت. در مورد مؤلفه b نیز نه تنها در بین ارقام جو صحرا و دشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، بلکه اثر فرایند مالت‌سازی نیز در هیچ‌یک از ارقام جو معنی‌دار نبود ($P>0/05$).

تفاوت رنگ (ΔE) بین مالت و جو اولیه در مالت حاصل از رقم دشت نسبت به مالت رقم صحرا بیشتر و در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج تحقیق لاو و همکاران (۱۹) نشان داد که خشک کردن به خصوص در دمای بالا، مسئول انجام بسیاری از واکنش‌های میلارد است که نهایتاً باعث تشکیل رنگ و آروما در محصول می‌گردد. بتی (۶) طی بررسی اثر فرایند مالت‌سازی ارقام جو نشان داد که مقدار مؤلفه L در محصول نسبت به جو اولیه از ۸۳/۱ به ۸۰/۰ کاهش یافت که این امر به معنای تیره‌تر بودن رنگ مالت نسبت به جو اولیه است. در همین راستا بریجز (۸) پس از ارزیابی شدت رنگ محصول علت افزایش آن را تشکیل ترکیبات رنگی ملانوئیدین دانست. در این تحقیق کاهش مقدار روشنایی (L) و افزایش قرمزی (a) در مالت موید نتایج لاو و همکاران (۲۴)، بتی (۶) و بریجز (۸) است.

بررسی نتایج تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی

کیفیت ساختار دانه به مقدار زیادی با عملکرد آن طی مالت‌سازی مرتبط است. از آن‌جا که بافت آندوسپرم نشاسته‌ای جو بر فرایندهای فیزیولوژیکی تبدیل جو به مالت مؤثر است، آشنایی با ویژگی‌های آناتومی و فیزیکوشیمیایی آن اهمیت زیادی در کنترل فرایند دارد (۱۸).

عکس‌های گرفته شده از شمای کلی بافت دانه جو رقم صحرا و دشت به وسیله میکروسکوپ الکترونی به ترتیب در شکل‌های (۱ و ۲) نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود دیواره سلول‌های آندوسپرم نشاسته‌ای در هر دو رقم به طور واضح مشخص است.

بزرگنمایی بیشتر (شکل‌های ۳ و ۴) مؤید نتایج آزمایشات شیمیایی مبنی بر بیشتر بودن مقدار پروتئین در جو رقم دشت نسبت به جو رقم صحرا است و در نتیجه فشردگی مشاهده شده در جو رقم دشت نیز بیشتر است. از این نظر مشاهدات با نتایج آزمایشات شیمیایی مبنی بر بالا بودن مقدار پروتئین جو رقم دشت (جدول ۲) مطابقت دارد.

در شکل ۳ که مربوط به دانه جو رقم صحرا است گرانول‌های بزرگ و کوچک نشاسته به مقدار زیاد و شبکه پروتئینی به مقدار کم دیده می‌شوند. در شکل ۴ مربوط به دانه جو رقم دشت شبکه پروتئینی بیشتر و گرانول‌های کوچک نشاسته کمتری دیده می‌شود. علت این امر بنابر نتایج عکس‌های حاصل از تحقیق مشابه پالمر (۲۰)، مربوط به حضور شبکه پروتئینی زیاد است که مانع دیدن این گرانول‌ها به طور واضح می‌گردد.

شمای کلی بافت دانه‌های مالت حاصل از ارقام جو صحرا و دشت به ترتیب در شکل‌های (۵ و ۶) نشان داده شده است. بر اساس مشاهدات فرتزدرف و همکاران (۱۵) روی بافت مالت، اصلاح مواد موجود در دیواره سلولی به طور ابتدایی مسئول تغییرات فیزیکی در دانه است، به طوری که پس از آن بافت آندوسپرم نرم‌تر و امکان توزیع آنزیم‌ها در آندوسپرم و هضم ساختارهای بزرگ سلولی فراهم می‌گردد.

مقایسه شکل‌های ۵ و ۶ با اشکال ۱ و ۲ نشان دهنده هضم مقدار زیادی از ساختار دیواره سلول‌های آندوسپرم است که با نتایج عکس‌های گرفته شده به وسیله میکروسکوپ الکترونی توسط فرتزدرف و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.

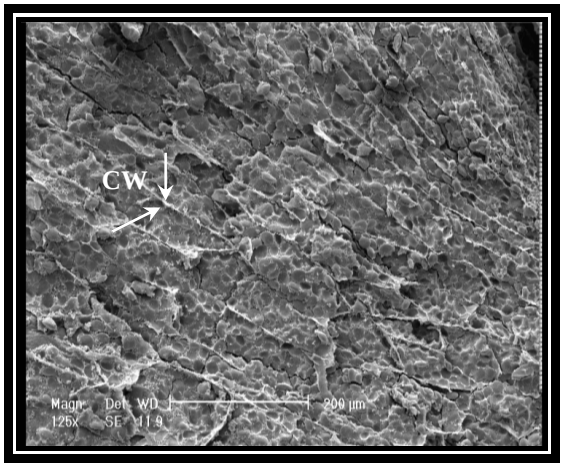
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

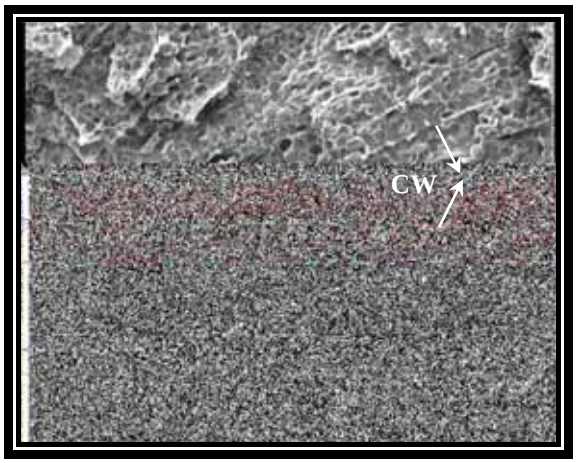
جدول ۳. بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر مؤلفه‌های رنگ سنجی دانه جو صحرا و دشت در سیستم CIE Lab

رنگ	صحرا		دشت	
	جو	مالت	جو	مالت
L	۶۰/۲۴±۱/۰۹ b*	۶۰/۰۶±۰/۹۶ b	۶۴/۱۰±۱/۱۲a	۵۹/۷۴±۱/۵۹ b
a	۵/۳۷±۰/۲۶ b	۶/۶۰±۰/۲۹ a	۵/۸۶±۰/۳۱ b	۶/۶۵±۰/۲۱ a
b	۲۸/۶۹±۰/۴۶ a	۲۷/۹۵±۰/۵۹ a	۲۸/۸۴±۰/۵۰ a	۲۸/۷۱±۰/۳۸ a
ΔE	–	۱/۷۳±۰/۱۶ b	–	۴/۴۵±۰/۶۰ a

* : حروف مشترک در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

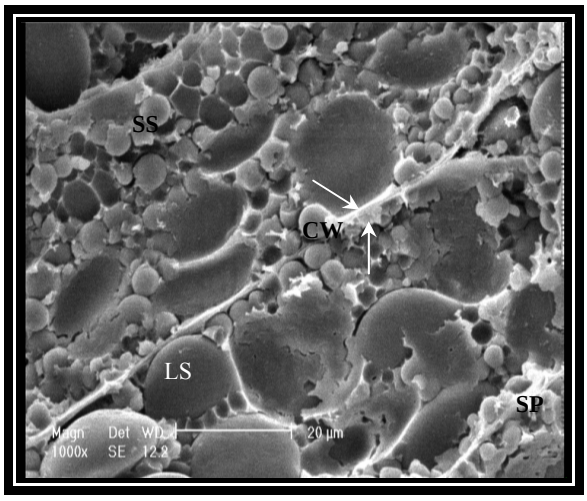


شکل ۱. شمای کلی بافت دانه جو رقم صحرا(بزرگ‌نمایی۱۲۵ برابر)



شکل ۲. شمای کلی بافت دانه جو رقم دشت

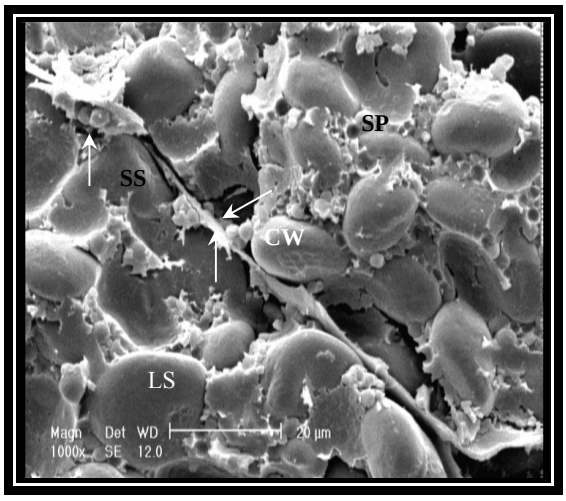
CW = دیواره سلولی آندوسپرم نشاسته‌ای



شکل ۳. شمای کلی بافت دانه جو رقم صحرا(بزرگ‌نمایی۱۰۰۰ برابر)

SS= گرانول‌های کوچک نشاسته

LS= گرانول‌های بزرگ نشاسته



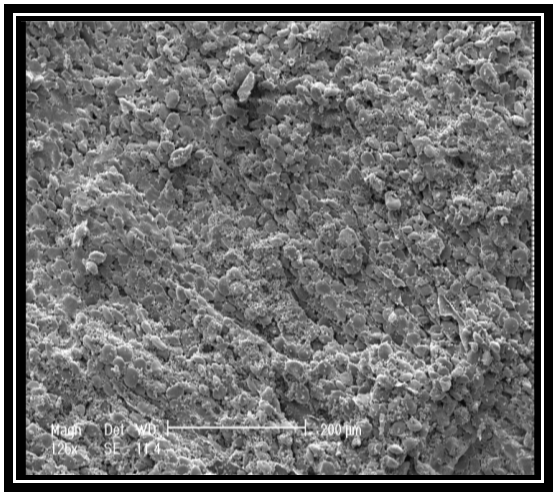
شکل ۴. شمای کلی بافت دانه جو رقم دشت

CW= دیواره سلولی آندوسپرم نشاسته‌ای

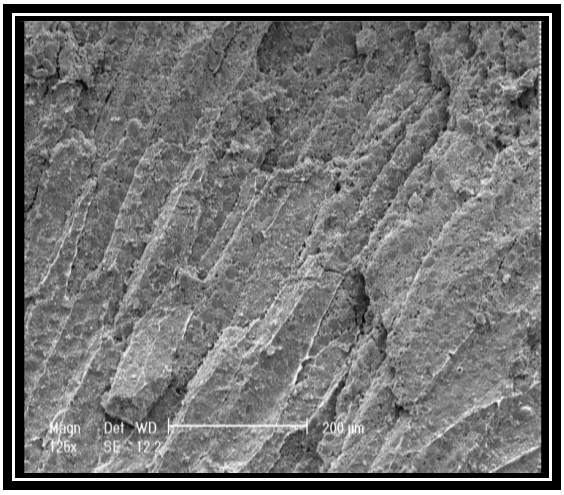
S-P= شبکه پروتئینی متصل به گرانول‌های کوچک نشاسته

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

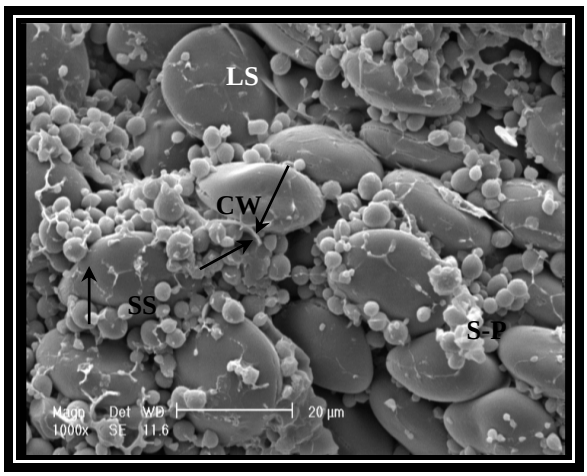
[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]



شکل ۵. شمای کلی بافت مالت جو رقم صحرا (بزرگ‌نمایی۱۲۵ برابر)



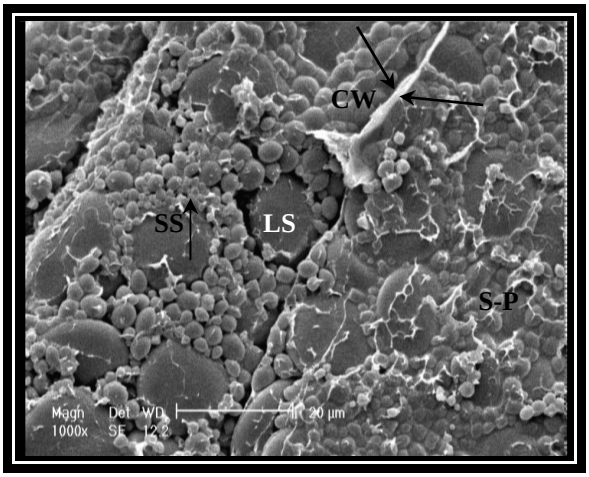
شکل ۶. شمای کلی بافت مالت جو رقم دشت



شکل ۷. شمای کلی بافت مالت جو رقم صحرا (بزرگ‌نمایی۱۰۰۰ برابر)

SS= گرانول‌های کوچک نشاسته

LS= گرانول‌های بزرگ نشاسته



شکل ۸ شمای کلی بافت مالت جو رقم دشت

CW= دیواره سلولی آندوسپرم نشاسته‌ای

S-P= شبکه پروتئینی متصل به گرانول‌های کوچک نشاسته

در نمای کلی مقدار بیشتری از دیواره سلولی در مالت جو صحرا نسبت به مالت جو دشت هضم شده است که علت این امر به تفاوت مقدار پروتئین دانه جو اولیه آنها مربوط میشود (جدول ۲).

بزرگنمایی‌های مشاهده شده در شکل (۷ و ۸) هضم بسیاری از ساختارهای بزرگ سلولی پس از مرحله جوانه‌زنی را تأیید می‌نماید. جداسازی ترکیبات تشکیل دهنده دانه در مالت صحرا نسبت به مالت دشت حاکی از اصلاح بهتر بافت آندوسپرم آن نسبت به مالت حاصل از جو رقم دشت است که در حالت اخیر کماکان بخش‌هایی از دیواره سلولی را می‌توان مشاهده نمود. آگو و همکاران (۲۰۰۲) کاهش مقدار ازت را موجب اصلاح بهتر و یک‌نواخت‌تر آندوسپرم دانه درمرحله جوانه‌زنی دانستند که تفاوت در یک‌نواختی اصلاح آندوسپرم مشاهده شده در شکل‌های (۷و ۸) می‌تواند به دلیل بالاتر بودن مقدار ازت در دانه جو رقم دشت نسبت به صحرا باشد. سلوس و همکاران (۹) نیز در تحقیق خود هضم دیواره سلولی، پروتئین و نشاسته آندوسپرم را طی جوانه‌زنی تأیید نموده و بیان کردند پس از این مرحله مقدار پروتئین ذخیره‌ای به کمتر از

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

نصف مقدار اولیه در جو می‌رسد. کلاتسو و پالمر (۱۷ و ۲۰) یکسان نبودن مقدار ترکیبات موجود در دانه اولیه را سبب تفاوت در فرایند مالت‌سازی دانستند. هم‌چنین عکس‌های گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی مؤید این مطلب بود که هضم بیشتری در دیواره سلولی آندوسپرم آردی نسبت به آندوسپرم شیشه‌ای صورت می‌گیرد و نهایتاً آندوسپرم آردی اصلاح بهتری خواهد داشت. نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی توسط پومرانز (۲۱) گویای آن بود که طی فرایند اصلاح آندوسپرم، دیواره سلولی و شبکه پروتئینی متصل به گرانول‌های کوچک نشاسته هضم و در نتیجه گرانول‌های کوچک آزاد می‌شوند ولی بر گرانول‌های بزرگ نشاسته در فرایند مالت‌سازی هضم کمتری صورت می‌گیرد. پالمر (۲۰) با توجه به وجود تغییرات آشکار در عکس‌های گرفته شده از جو و مالت آن، علت این تغییر را وجود دیواره سلولی در دانه جو دانست که مانع جذب آب، توزیع و فعالیت آنزیم‌ها در آندوسپرم می‌گردد. پس از فرایند مالت‌سازی به دلیل هضم دیواره سلولی و شبکه پروتئینی، مقدار مواد محلول قابل استخراج طی عصاره‌گیری افزایش می‌یابد.

با توجه به این‌که اصلاح بیشتری در مالت جو رقم صحرا نسبت به رقم دشت مشاهده می‌شود، این مطلب با نتایج محققان فوق و آزمایش‌های شیمیایی در مورد مقدار قند احیاء کننده (جدول ۲) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

۱- ارقام جو دشت و صحرا از نظر ابعاد جهت استفاده در صنعت مالت‌سازی مناسب هستند.

۲- استفاده از مالت جو دشت با قدرت دیاستاتیک بالا به عنوان مالت آنزیمی در صنایع پخت و به عنوان افزودنی آنزیمی مناسب است.

۳- استفاده از مالت جو صحرا با مقدار قند احیاء بالا برای تهیه عصاره مالت مناسب است.

منابع مورد استفاده

1. Agu, R. C. 2003. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties. J. Instit. Brew. 109(2):106-109.
2. Agu, R. C. and Palmer, G. H. 1997. The effect of temperature on the modification of sorghum and barley during malting. Proc. Biochem. 32:501-507.
3. Agu, R. C., D. L. Devenny, I. J. L. Tillett and G. H. Palmer. 2002. Malting performance of normal huskless and acid-dehusked barley samples. J. Instit. Brew. 108(2):215-220.
4. Anonym. 1989. Laboratory Methods in Malting. International Center for Brewing and Distilling Heriot –Watt University, Edinburgh, Scotland.
5. Association of Analytical Chemists. 2006. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 18th ed., AOAC, Washington, DC.
6. Bhatty, R. S. 1996. Production of food malt from hull-less barley. Cereal Chem. 73(1):75-80.
7. Blish, M. J. and R. M. Sandstedt. 1933. An improved method for the estimation of flour diastatic value. Cereal Chem. 10:189.
8. Briggs, D. E. 1998. Malt and Malting. Blackie Acad. and Prof., London.
9. Celuse, I., K. Brijs and A. Delcour. 2006. The effect of malting and mashing on barley protein extractability. J. Cereal Sci. 44(2):203-211
10. Dendy, D. A. V. and B. J. Dobraszczyk. 2001. Cereal and Cereal Products: Chemstry and Technology. Aspen Pub. Inc., UAS.
11. Emebiri, L. C., D. B. Moody, R. Horsleyb, J. Panozzoa and B. J. Read. 2005. The genetic control of grain protein content variation in a doubled haploid population derived from a cross between Australian and North American two-rowed barley lines. J. Cereal Sci. 41:107–114.
12. Emebiri, L. C., D. B. Moody, J. F. Panozzo and B. J. Read. 2004. Mapping of QTL for malting quality attributes in barley based on a cross of parents with low grain protein concentration. Field Crops Res. 87:195–205.
13. Eneje, L. O., E. O. Ogu, C. U. Aloh, F. J. C. Odibo, R. C. Agu and G. H. Palmer. 2003. Effect of steeping and germination time on malting performance of Nigerian white and yellow maize varieties. Process Biochem.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]

39(8):1013-1016.
14. Fox, G. P., K. Onley and A. M. Osman. 2002. Multiple linear regression calibrations for barley and malt protein based on the spectra of hordein. J. Instit. Brew. 108(2):155-159.
15. Fretzdorff, B., Y. Pomeranz and D. B. Bechtel. 1982. Malt modification assessed by histochemistry, light microscopy, and transmission and scanning electron microscopy. Food Sci. 47:785-792.
16. Jones, B. L. and A. D. Budd. 2005. How various malt endoproteinase classes affect wort soluble protein levels? J. Cereal Sci. 41(1):95-106.
17. Kolatsou, M. and G. H. Palmer. 2004. Relation between flour turbidity, malting and endosperm structure. J. Instit. Brew. 110(3):193-199.
18. Krokida, M.K., E. Tsami and Z. B. Maroulis. 1998. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. Drying Technol. 16(3-5):667-685.
19. Lowe, D. P., H. M. Ulmer, D. V. Sinderene and E. K. Arendt. 2004. Application of biological acidification to improve the quality and process ability of wort produced from 50% raw barley. J. Instit. Brew. 110(2):133-140.
20. Palmer, G. H. Ultrastructure of endosperm and quality. 1991. Options Mediterraneennes 20:19-21.
21. Pomeranz, Y. 1974. A note on scanning electron microscopy of low and high- protein barley malts. Cereal Chem. 51:545.
22. Roy, D. K. and B. P. Singh. 2006. Malting characteristics of six-row winter barley (*Hordeum vulgare* L.) as affected by different levels of nitrogen, phosphorus and vermicompost. J. Food Sci. and Technol. 43:337-340.
23. Suhasini, A. W., G. Muralikrishna and N. G. Malleshi. 1997. Free sugars and non-starch polysaccharide contents of good and poor malting varieties of wheat and their malts. Food Chem. 60(4):537-540.
24. Ulmer, R. L., R. Zytinak and P. H. Hoskins. 1985. Influence of malt protein content on malting quality characteristics of flour barley varieties. J. Am. Soc. Brew. Chem. 43:10-16.
25. Wijngaard, H. H., H. M.Ulmer, M. Neumann and E. K. Arendt. 2005. The effect of steeping on the final malt quality of buckwheat. J. Instit. Brew. 111(3):275-281.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.12.2]