بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر خواص فیزیکوشیمیایی جو (رقم صحرا) و امکان استفاده از جو مالت‌نشده به‌عنوان افزودنی مکمل

یحیی مقصودلو[۱*]، محبوبه کشیری[۲]، نرجس آقاجانی[۳]

۱- عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه غیرانتفاعی خزر محمودآباد
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱)

چکیده

مالت‌سازی فرایندی است شامل خیساندن، جوانه‌زنی کنترل‌شده غلات که پس از خشک‌کردن، محصولی ترد و دارای خواص تغذیه‌ای تولید می‌شود. در اکثر کشورها افزودنی‌های کمکی با هدف کاهش هزینه‌های تولید بدون تاثیر نامطلوب بر کیفیت محصول نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات طول، عرض، ضخامت، دانسیته دانهای، دانسیته حجمی، تخلخل قدرت دیاستاتیک، قنداحیاءکننده، بازدهی استخراج عصاره آب سرد، ازت کل، pH و بافت طی فرایند مالت‌سازی بود. همچنین عصاره حاصل از مالت‌های تهیه شده از دانه جو به همراه جو مالت‌نشده (رقم صحرا) به‌عنوان افزودنی مکمل در نسبت‌های اختلاط ۲۰، ۴۰ و ۵۰ درصد در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد طی فرایند مالت‌سازی دانسیته دانه‌ای، دانسیته حجمی قدرت دیاستاتیک، قند احیاءکننده و بازدهی استخراج عصاره آب سرد افزایش و مقدار ازت کل، وزن هزار دانه و خاکستر کاهش یافت. نتایج بررسی تغییرات بافت با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که دیواره سلولی طی فرایند، تجزیه و گرانول‌ها از شبکه پروتئینی جدا شدند. نتایج این تحقیق نشان داد قدرت دیاستاتیک، بازدهی استخراج عصاره آب گرم، شدت رنگ با افزایش نسبت اختلاط جو مالت‌نشده کاهش یافت. بررسی مقایسه ورت حاصل از نمونه شاهد و نسبت‌های اختلاط نشان داد که بازدهی استخراج عصاره آب گرم ورت حاصل از نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو در مقایسه با نمونه شاهد کاهش معنی‌داری وجود نداشت.

کلید واژه‌گان: مالت، جو، میکروسکوپ الکترونی، افزودنی مکمل

*مسئول مکاتبات: y.maghsoudlou@gau.ac.ir

۱- مقدمه

جو با نام علمی هوردئوم ولگار[1] پس از ذرت، گندم و برنج چهارمین غله با اهمیت است. جو با سطح زیر کشت ۵۶ میلیون هکتار، عملکرد ۲/۷۸ تن در هکتار و تولید سالیانه ۱۵۴ میلیون تن از محصولات زراعی مهم محسوب می‌شود [۱]. جو به‌طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی استفاده می‌شود که مورد اخیر مهم‌ترین کاربرد آن است. مالت‌سازی شامل خیساندن، جوانه‌زنی کنترل‌شده غلات است که پس از خشک‌کردن، محصولی ترد و دارای خواص تغذیه‌ای تولید می‌شود [۲]. خیساندن و جوانه‌زنی دانه به‌منظور افزایش رطوبت دانه، تحریک تنفس جوانه و ترشح هورمون جیبرلین اصلاح آندوسپرم و سنتز آنزیم انجام می‌شود[۳]. نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی توسط پومرانز [۴] گویای آن بود که طی فرایند اصلاح آندوسپرم، دیواره سلولی و شبکه پروتئینی متصل به گرانول های کوچک نشاسته هضم می‌گردند. هدف عمده از خشک‌کردن مالت‌سبز کاهش مقدار رطوبت و افزایش زمان نگهداری می‌باشد [۵].

فرایندی که مالت آسیاب شده با آب مخلوط و با کنترل دما، ترکیبات موجود آن استخراج شود، عصاره‌گیری آب گرم[2] و به فراورده حاصل ورت[3] می‌گویند [۶]. مقدار عصاره حاصل از این فرایند عصاره‌گیری بیانگر مواد قابل استخراج مالت است که کربوهیدرات‌های محلول تقریبا ۹۲-۹۰ درصد آن را تشکیل می‌دهد [۷].

استفاده از افزودنی‌های مکمل[4] در کاهش هزینه‌های تولید بدون تاثیر نامطلوب بر کیفیت محصول نهایی مورد توجه تولیدکنندگان نوشیدنی‌های مالتی قرار دارد [۷]. افزودنی‌های مکمل جامد مانند گندم، جو، برنج، ذرت، چاودار، سورگوم و تریتیکاله در مرحله عصاره‌گیری به‌صورت آندوسپرم نشاسته‌ای[5]، پرک[6] و آرد اضافه می‌شوند [۵،۸]. اکثر غلات مکمل مورد استفاده به‌استثنای تریتیکاله فعالیت آنزیمی پایینی دارند. طی مرحله عصاره‌گیری دمای ژلاتینه‌شدن غلات مکمل در هیدرولیز آنزیمی نقش به‌سزایی دارند [۹،۱۰]. در کشورهایی نظیر ژاپن استفاده از افزودنی‌های مالت‌نشده به مقدار یک سوم ترکیبات اصلی مجاز است و تولیدکنندگان بر آن شدند که در فرمولاسیون عصاره‌گیری نوشیدنی‌ها از مالت جو با قدرت دیاستاتیک بالا به‌همراه غلات مالت‌نشده استفاده نمایند، در این صورت آنزیم‌های لازم برای تجزیه ترکیبات نشاسته‌ای غلات مالت‌نشده فراهم می‌گردد [۷].

مطالعات اگو [۱۱] نشان داد که افزودن غلات مکمل مالت‌نشده در مرحله عصاره‌گیری سبب کاهش مقدار ازت کل محلول ورت می‌گردد. در همین راستا گزارش لو و همکاران [۱۲] گزارش کردند که بازدهی استخراج عصاره آب گرم، شدت رنگ، مقدار ازت محلول ورت حاصل از اختلاط مالت جو و دانه جو مالت‌نشده در مقایسه با ورت مالت جو خالص کاهش یافت.

از مهم‌ترین عوامل برتری مالت جو نسبت به سایر غلات می‌توان به فعالیت آمیلولیتیک مناسب، تسریع فرایند صاف شدن عصاره و افزایش مقدار ازت کل محلول ورت اشاره نمود، اما از دیدگاه اقتصادی، عصاره‌گیری از مالت خالص مقرون به‌صرفه نمی‌باشد. بنابراین در این پژوهش ویژگی‌های ضمن بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی جو و مالت حاصل تاثیر افزودن جو مالت‌نشده (با توجه به فعالیت آنزیمی مطلوب و قیمت مناسب دانه جو) به‌عنوان غله مکمل بر ویژگی‌های کیفی ورت در نسبت‌های اختلاط ۴۰،۲۰ و ۵۰ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تولید مالت به روش آزمایشگاهی

جو با استفاده از الک به‌صورت دستی بوجاری و ۵۰۰ گرم آن توزین گردید. خیساندن جو در اینکوباتور ۱۷°C تا حصول رطوبت ۴۶-۴۳ در

نمونه‌های خیسانده، آبکشی و به اینکوباتور (دمای ۱۷°C) منتقل گردیدند. جوانه‌زنی در درون اتاقک‌های فلزی درب‌دار انجام شد، به‌طوری که رطوبت آن در حد اشباع حفظ گردید. زمان لازم برای فرایند اصلاح مطلوب آندوسپرم دانه، ۷-۵ روز به طول

1. *Vulgare Hordeum*
2. Mashing
3. Wort
4. Adjunct
5. Grit
6. Flake

می‌انجامد، در این حالت طول جوانه حدود ۰/۷۵ طول دانه رشد خواهد کرد. محصول این مرحله مالت سبز نامیده می‌شود. خشک کردن مالت سبز در آون با دمای ۵۵°C به مدت ۲۴-۲۰ ساعت انجام شد. سپس مالت حاصل پس از جداسازی ریشه‌چه‌ها بسته‌بندی گردید.

۲-۲- آزمون های فیزیکوشیمیایی دانه و مالت

آزمایشات مواد اولیه (جو صحرا) و مالت حاصل از آن به شرح زیر انجام و مقایسات 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. (۱)

$$\rho_k = \frac{m_k}{v}$$

دانسیته توده‌ای (ρ_b): برای اندازه‌گیری دانسیته توده‌ای از استوانه‌ای با حجم مشخص (۰/۵ لیتر) استفاده گردید. پس از اندازه‌گیری وزن دانه‌ها (m_b) دانسیته به کمک رابطه (۲) محاسبه گردید. (۲)

$$\rho_b = \frac{m_b}{v}$$

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

(۳)

$$\varepsilon = \frac{\rho_k - \rho_b}{\rho_k} \times ۱۰۰$$

pH ، رطوبت، وزن هزار دانه و خاکستر: بر اساس روش (A.O.A.C)[1] انجام شد [۱۳].

مقدار ازت: مقدار ازت دانه جو و مالت حاصل با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک اندازه‌گیری شد [۱۴].

مقدار قند احیاءکننده: ابتدا ۵ گرم نمونه آسیاب شده با ۴۶ میلی‌لیتر محلول بافر در دمای ۳۰°C مخلوط و به مدت ۱ ساعت در این دما نگهداری شد. سپس ۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۱۰ درصد و ۲ میلی‌لیتر تنگستات سدیم ۱۲ درصد به نمونه اضافه گردید و پس 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 اضافه و ۲۰ دقیقه در دمای جوش نگهداری گردید، پس از سرد شدن ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید استیک، ۱ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم و ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته 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 [۱۵].

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 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.

1. Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C)

جدول ۱ تاثیر فرایند مالت‌سازی بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی جو صحرا

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی	جو	مالت
رطوبت (w.b.%)	۱۰/۷۷±۰/۴۳ a*	۶/۵۱±۰/۱۱ b
تخلخل (٪)	۴۷/۲۴±۴/۶۸ a	۴۵/۹۶±۶/۲۴ b
دانسیته دانه‌ای (kg/m3)	۱۱۸۲/۷۰±۱۰/۴۹ a	۹۶۸/۵۰±۱۴/۶۵ b
دانسیته حجمی (kg/m3)	۶۲۰/۶۷±۳/۵۸ a	۵۱۷/۴۳±۶/۸۶ b
ازت کل (٪)	۱/۸۳±۰/۰۲ a	۱/۶۹±۰/۰۳ b
قند احیاء (گرم مالتوز در۱۰ گرم آرد)	۰/۲۷±۰ a	۱/۳۰±۰/۰۲ b
قدرت دیاستاتیک (ºL)	۷۳/۶۱±۰/۱۴ a	۱۴۷/۳۰±۲/۶۳ b
pH	۵/۴۱±۰/۰۳ a	۵/۷۶±۰/۰۵ a
خاکستر (٪)	۲/۶۶±۰/۰۳a	۲/۴۷±۰/۰۱a
طول (mm)	۹/۱۰±۰/۷۰ a	۸/۹۷±۰/۵۸ a
عرض(mm)	۲/۵۱±۰/۲۱ b	۲/۷۰±۰/۵۸ a
ضخامت(mm)	۳/۴۴±۰/۲۱ b	۳/۵۴±۰/۲۴ a

* حروف مشترک در هر سطر با احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جهت ارزیابی میزان فعالیت آنزیم، از محلول فهلینگ برای تعیین مقدار قند احیاء کننده تولید شده استفاده گردید. محاسبات قدرت دیاستاتیک بر اساس واحد لینتنر[1] (ºL) با معادله (۴) انجام گرفت. که در آن x و y به ترتیب بیانگر میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مصرفی و میلی‌لیتر نشاسته تبدیل شده مصرفی در تیتراسیون است [۱۵].

$$\text{قدرت دیاستاتیک (°L)} = \frac{۲۰۰۰}{x\ y} \qquad (۴)$$

بازدهی استخراج عصاره آب سرد: مطابق روش بریجز [۳] انجام شد.

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

۲-۳- استخراج عصاره

به منظور تعیین بازدهی استخراج عصاره آب گرم مالت جو، عصاره‌گیری به روش زمان‌بندی دمایی انجام شد [۱۳]. همچنین در بررسی اثر اختلاط مواد مکمل مالت‌نشده بر بازدهی استخراج عصاره آب گرم، مالت جو صحرا به‌عنوان مالت پایه در نسبت‌های مختلف ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰ درصد با دانه جو مالت‌نشده عصاره‌گیری شد. بدین منظور مطابق روش A.O.A.C ابتدا فرایند پیش ژلاتینه‌کردن دانه جو مالت‌نشده به‌همراه نسبت معینی از منبع آنزیمی (مالت جو) انجام گردید. به‌طور نمونه در نسبت اختلاط (۴۰-۶۰) مقدار ۲۰±۰/۰۵ گرم دانه جو به اضافه ۵ ±۰/۰۵ گرم مالت جو و ۲۰۰ میلی‌لیتر آب ۴۶°C مخلوط گردید و طی زمان ۱۵-۱۰ دقیقه به نقطه جوش رسانیده شد. سپس در این دما به‌مدت ۳۰-۱۰ دقیقه به‌طور مداوم هم‌زده و یکنواخت گردید. هر ۱۵ دقیقه یک‌بار حجم مخلوط با افزودن آب ثابت نگه داشته شد. پس از سپری شدن زمان لازم، دمای مخلوط حاصل به ۴۶°C کاهش داده شد. سپس همانند فرایند عصاره‌گیری مالت جو به ازای هر دقیقه دما ۱°C افزایش داده شد تا به دمای ۷۰°C رسید. در این دما ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ۷۰°C به آن افزوده و عصاره به‌مدت ۶۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. سپس عصاره حاصله طی مدت ۱۵-۱۰ دقیقه سرد و به وزن ۴۵۰ گرم رسانده و صاف گردید [۱۳].

۲-۴- آزمایشات کیفی ورت

فاکتورهای مورد ارزیابی در تعیین ویژگی‌های ورت شامل بازدهی استخراج عصاره آب گرم، قند احیاءکننده، شدت رنگ، pH، ماده خشک و ازت کل محلول بودند [۱۳].

در این تحقیق بررسی اثر فرایند مالت‌سازی و افزودنی مکمل در قالب طرح کاملا تصادفی و به ترتیب با ۶ و ۴ تکرار انجام شد و نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد انجام گردید.

1. Lintner

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه جو

ازت کل : همان‌طوری که جدول (۱) مشاهده می‌شود، طی فرایند مالت‌سازی مقدار ازت کل کاهش می‌یابد. بریجز [۳] با بررسی تغییرات ازت دانه جو بیان داشت که بسیاری از ترکیبات شیمیایی دانه از جمله ازت طی فرایند مالت‌سازی کاهش پیدا می‌نمایند. این امر به‌علت ورود ازت دانه به آب مرحله خیساندن و در مرحله بعد مصرف ازت به‌عنوان ماده ضروری برای رشد جوانه و ریشه‌چه در مرحله جوانه‌زنی است و از آن جایی که این بافت‌های غنی از پروتئین در انتهای فرایند مالت‌سازی جدا می‌شوند، لذا منجر به کاهش ازت مالت می‌گردند. نتایج حاصل از این با نتایج بریجز [۳] و آگو [۱۴] مطابقت داشت.

قدرت دیاستاتیک: تغییرات آنزیم‌ها طی فرایند مالت‌سازی و تاثیر آنها بر بافت‌های دانه نقش اساسی در تبدیل دانه به مالت ایفا می‌کند. قدرت دیاستاتیک بیانگر مجموعه‌ای از فعالیت آنزیم‌هایی مانند آلفا-گلوکوزیداز، آلفا-آمیلاز، بتا-آمیلاز و دکستریناز محدودکننده است. نتایج تحقیق اگو و پالمر [۱۶] حاکی از افزایش قدرت دیاستاتیک سورگوم و جو طی فرایند مالت‌سازی بود. همچنین بتی [۱۷] در بررسی اثر فرایند مالت‌سازی گزارش کرد که قدرت دیاستاتیک جو معمولی و جو بدون پوشینه طی فرایند مالت‌سازی افزایش یافت. نتایج تحقیق حاضر حاکی از افزایش قدرت دیاستاتیک جو طی فرایند مالت‌سازی است (جدول ۱) که با نتایج آگو و پالمر [۱۶]، بتی [۱۶] و همچنین موریا و همکاران [۱۸] مطابقت داشت.

بازدهی استخراج عصاره آب سرد: یکی از معیارهای ارزیابی کیفی مالت بازدهی استخراج عصاره آب سرد است که بیانگر مقدار ترکیباتی است که در مرحله جوانه‌زنی تبدیل به ترکیبات محلول می‌گردند. معمولا ارتباط مستقیمی بین بازدهی استخراج عصاره آب سرد و میزان تغییرات طی فرایند جوانه‌زنی وجود دارد (۳). همان‌طوری که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، بازدهی استخراج عصاره آب سرد مالت جو در مقایسه با دانه آن بیشتر است و اختلاف آن‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق با یافته‌های بریجز [۳] و سلوس و همکاران [۶] که علت این افزایش را ناشی از تغییرات آندوسپرم دانه وحلالیت پروتئین‌های محلول در آب دانستند، کاملا مطابقت داشت.

خاکستر: نتایج بررسی اثر فرایند مالت‌سازی بر مقدار خاکستر جو حاکی از آن بود که مقدار خاکستر دانه جو (۲/۶۳ درصد) در مقایسه با مالت (۲/۴درصد) در سطح پایین‌تری قرار داشت اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها در سطح ۵ درصد وجود نداشت (جدول ۱). طی فرایند خیساندن دانه به‌دلیل خروج املاح قابل حل در آب به‌ویژه پتاسیم از لایه‌های سطحی و همچنین حذف ریشه‌چه در انتهای فرایند مالت‌سازی، میزان خاکستر مالت جو با کاهش همراه بود. یافته‌های این تحقیق با نتایج ویس و لورنز [۱۹] و بریجز [۳] مبنی بر کاهش میزان خاکستر طی فرایند مالت‌سازی مطابقت داشت.

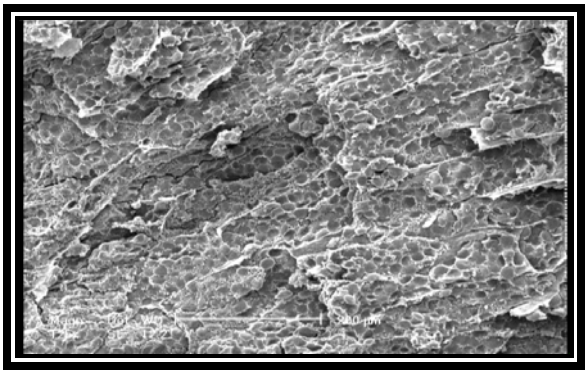
رطوبت: همان طور که در جدول (۲) نشان داده شده است، فرایند مالت‌سازی سبب کاهش مقدار رطوبت در محصول نهایی می‌شود. از لحاظ آماری بین دانه اولیه و مالت حاصل از آن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد.

دانسیته حجمی، دانه‌ای و تخلخل: بررسی دانسیته حجمی، دانسیته دانه‌ای و تخلخل دانه‌های جو نشان داد که طی فرایند مالت‌سازی مقدار آنها کاهش پیدا کرد. علت این امر را می‌توان به کاهش وزن و افزایش حجم دانه طی فرایند 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 ریشه‌چه اتفاق می‌افتد [۳]. افزایش حجم دانه مالت شده نسبت به دانه جو اولیه به علت افزایش دو بعد عرض و ضخامت دانه است (جدول ۱).

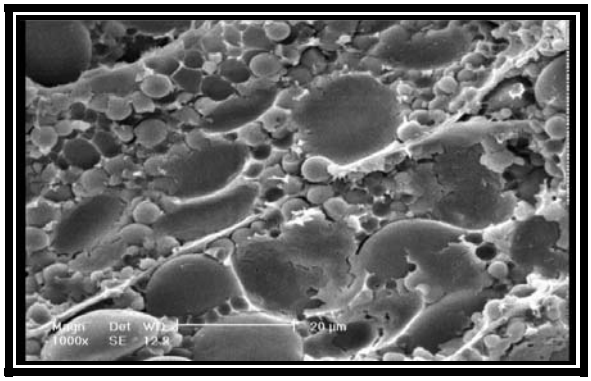
ابعاد دانه: مقایسه میانگین داده‌ها در سطح اطمینان ۵ درصد حاکی از آن است که بین طول دانه جو و مالت حاصل از آن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول۱). مقایسه عرض و ضخامت دانه نشان داد که این دو بعد دانه طی فرایند مالت‌سازی

به‌طور معنی‌داری نسبت به دانه جو اولیه افزایش یافت. مطابق تحقیقات آگو [۱۳] عرض دانه‌های بیشتر از ۲/۲ میلی‌متر جهت مالت‌سازی مطلوب می‌باشد که از این نظر جو رقم صحرا مناسب بود. همچنین نتایج مقایسه ابعاد دانه طی فرایند مالت‌سازی با نتایج بریجز [۳] مبنی بر افزایش عرض و ضخامت دانه و عدم تغییر طول دانه طی فرایند مالت‌سازی مطابقت دارد.

تصاویر عکسبرداری میکروسکوپ الکترونی: کیفیت ساختار دانه 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 [۲۰]. عکس‌های گرفته شده از شمای کلی بافت دانه جو به وسیله میکروسکوپ الکترونی در شکل‌های (۱)و (۲) و مالت حاصل از آن در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است. بر اساس آن‌چه فرتزدرف و همکاران [۲۱] در مشاهدات خود روی بافت مالت جو بیان کردند، اصلاح مواد موجود در دیواره سلولی به طور ابتدایی مسئول تغییرات فیزیکی در دانه است، به‌طوری‌که پس از آن بافت آندوسپرم نرم‌تر و امکان توزیع آنزیم‌ها در آندوسپرم و هضم ساختارهای بزرگ سلولی فراهم می‌گردد. مقایسه شکل‌های (۱) و (۲) با شکل‌های (۳) و (۴) نشان دهنده هضم بخش اعظمی از ساختار دیواره سلول‌های آندوسپرم است که با نتایج عکس‌های گرفته شده به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی توسط فرتزدرف و همکاران [۲۱] و پومرانز [۴] مطابقت داشت.



شکل ۱ شمای کلی بافت دانه جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)

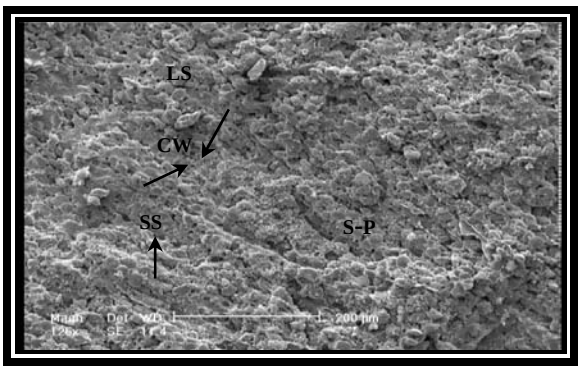


شکل۲ شمای کلی بافت دانه جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر)

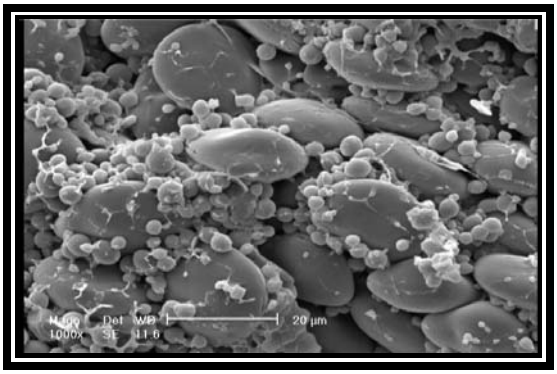
CW= دیواره سلولی آندوسپرم نشاسته‌ای

SS=گرانول‌های کوچک نشاسته LS= گرانول‌های بزرگ نشاسته

S-P= شبکه پروتئینی متصل به گرانول‌های کوچک نشاسته



شکل ۳ شمای کلی بافت مالت جو رقم صحرا (بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)

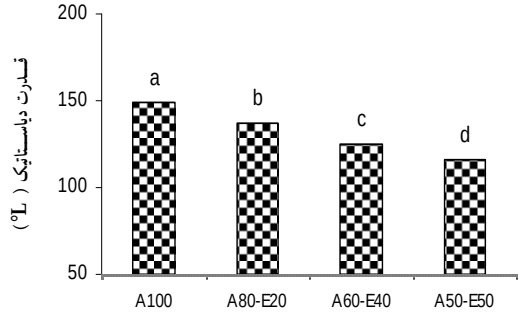


شکل ۴ شمای کلی بافت مالت جو رقم صحرا
(بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر)
CW= دیواره سلولی آندوسپرم نشاسته‌ای SS=گرانول‌های کوچک نشاسته LS= گرانول‌های بزرگ نشاسته S-P= شبکه پروتئینی متصل به گرانول‌های کوچک نشاسته

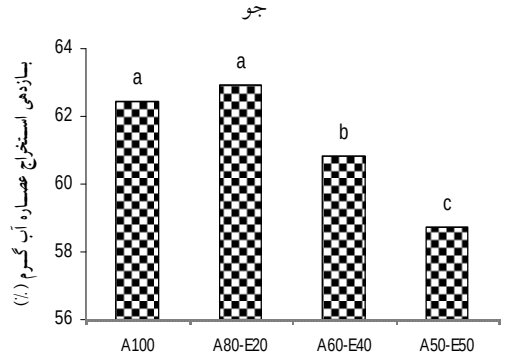
۳-۲- نتایج بررسی تاثیر افزودنی مکمل و مقایسه آن با نمونه شاهد

قدرت دیاستاتیک : مقایسه میانگین داده‌های حاصل از قدرت دیاستاتیک نسبت‌های اختلاط جو صحرا با استفاده از آزمون دانکن (α=۰/۰۵) حاکی از آن است که قدرت دیاستاتیک با افزایش نسبت اختلاط جو مالت‌نشده در مقایسه با شاهد (مالت جو) کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۵). بیشترین قدرت دیاستاتیک (۱۳۶/۵۲ درجه لینتنر) در نسبت اختلاط ۲۰ درصد و کمترین آن (۱۱۶/۲۶ درجه لینتنر) در نسبت اختلاط ۵۰ درصد جو مالت‌نشده مشاهده شد.

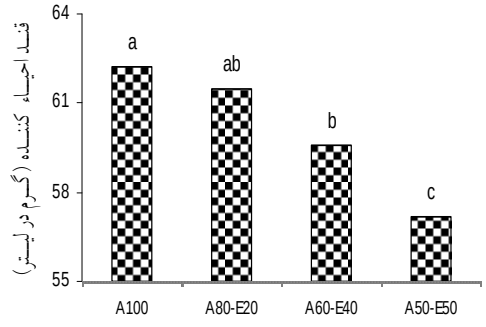
بازدهی استخراج عصاره آب گرم: مقایسه نتایج بازدهی استخراج عصاره آب گرم حاصل از افزودن نسبت‌های اختلاط جو مالت‌نشده نشان داد که بیشترین مقدار آن (۶۲/۹۳ درصد) به نسبت اختلاط ۲۰ درصد و کمترین آن (۵۸/۷۳ درصد) به نسبت اختلاط ۵۰ درصد جو مالت‌نشده مربوط بود. همان‌طوری که در شکل (۶) نشان داده شده است، بازدهی استخراج عصاره آب گرم با استفاده از نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو مالت‌نشده در مقایسه با مالت جو (۱۰۰ درصد) اندکی افزایش یافت، اما با افزایش نسبت اختلاط به ۴۰ و ۵۰ درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. بررسی آگو [۱۱] حاکی از آن است که که بازدهی استخراج عصاره آب گرم حاصل از نسبت‌های مختلف جو مالت‌نشده بیش از ذرت و سورگوم مالت نشده است و بازدهی استخراج عصاره آب گرم ورت حاصل از نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو مالت‌نشده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش نشان داد.



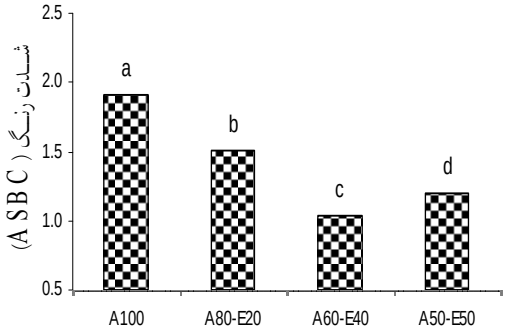
شکل۵ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر قدرت دیاستاتیک مالت جو



شکل۶ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر بازدهی استخراج عصاره آب گرم مالت جو
A80-E20 (نسبت ۸۰-۲۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)
A60-E40 (نسبت ۶۰-۴۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)
A50-E50 (نسبت ۵۰-۵۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)
A100 (شاهد مالت جو)



شکل۷ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر قند احیاءکننده ورت مالت جو



شکل ۸ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر شدت رنگ ورت مالت جو

A80-E20 (نسبت ۸۰-۲۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)
A60-E40 (نسبت ۶۰-۴۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)
A50-E50 (نسبت ۵۰-۵۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)
A100 (شاهد مالت جو)

نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که مقدار بازدهی استخراج عصاره آب گرم ورت حاصل از نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو مالت‌نشده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶) که در این خصوص با نتایج آگو (۲۰۰۲) مغایرت داشت [۱۱]. معمولا با افزایش مقدار جو مالت‌نشده مقدار آنزیم‌های هیدرولیتیک طی عصاره‌گیری کاهش می‌یابند، لذا افزودن جو مالت نشده در کاهش ترکیبات محلول ورت و در نهایت منجر به کاهش بازدهی استخراج عصاره آب گرم می‌گردد. اما این نکته قابل ذکر است که به‌علت قدرت دیاستاتیک مناسب مالت جو صحرا و همچنین موثر بودن تیمار حرارتی قبل از عصاره‌گیری بر ژلاتینه‌شدن نشاسته جو مالت‌نشده، کاهش قدرت دیاستاتیک ناشی از افزودن نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو مالت‌نشده جبران می‌گردد (شکل ۶). اما با افزایش نسبت اختلاط جو مالت‌نشده به ۴۰ و ۵۰ درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم کاهش پیدا کرد که با نتایج لو و همکاران [۱۲] مبنی بر کاهش بازدهی استخراج عصاره آب گرم ورت حاصل با استفاده از نسبت ۵۰ درصد جو مالت‌نشده مطابقت داشت.

قند احیاءکننده ورت: مقدار قند احیاءکننده ورت با افزایش نسبت‌های اختلاط جو مالت‌نشده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت (شکل ۷). بررسی نتایج بدست آمده از نسبت‌های اختلاط نشان داد که بیشترین میزان قند احیاءکننده ورت (۶۱/۴۷ گرم در لیتر) با استفاده از نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو مالت‌نشده و کمترین آن (۵۷/۱۸ گرم در لیتر) با افزودن نسبت ۵۰ درصد حاصل شد. از دیدگاه آماری بین نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو و نمونه شاهد (۶۲/۲۱۱ گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما در نسبت‌های اختلاط ۴۰ و ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد در سطح آماری ۵ درصد مشاهده گردید.

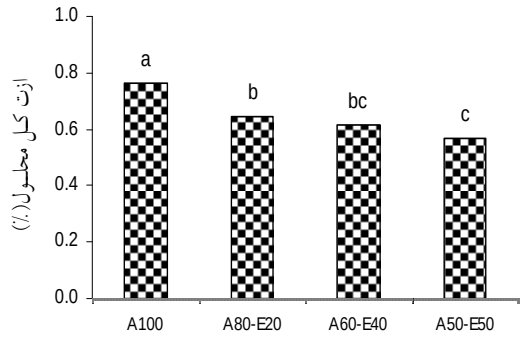
مقایسه میانگین داده‌های شدت رنگ ورت حاصل از نسبت اختلاط جو مالت‌نشده در شکل (۸) ارائه شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود با افزایش نسبت اختلاط جو مالت‌نشده شدت رنگ کاهش یافت. از دیدگاه آماری بین نسبت‌های اختلاط مورد استفاده تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد وجود داشت. لو و همکاران [۱۲] گزارش کردند که شدت رنگ ورت حاصل از نسبت اختلاط ۵۰ درصد جو مالت‌نشده در مقایسه با مالت جو خالص کاهش نشان داد که نتایج حاصل از این تحقیق مؤید آن است که افزایش نسبت اختلاط جو مالت‌نشده سبب کاهش معنی‌داری در شدت رنگ ورت حاصل از اختلاط آن‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید که با نتایج لو و همکاران [۱۲] کاملا مطابقت داشت.

ازت کل محلول ورت: بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف جو بر مقدار ازت کل محلول ورت حاصل از آن نشان داد که در تمامی سطوح آن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد در مقایسه با

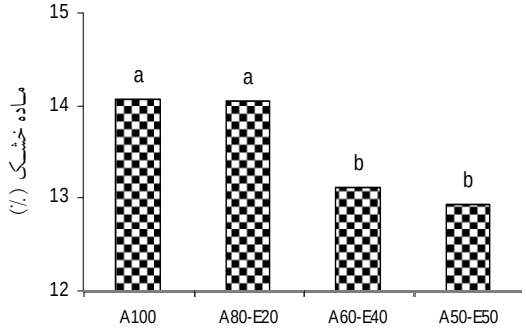
تیمار شاهد وجود داشت (شکل ۹). نتایج این بررسی نشان داد که ازت کل محلول ورت حاصل از افزودن نسبت ۵۰ درصد (۰/۵۷۱ درصد) در مقایسه با نسبت اختلاط ۲۰ درصد (۰/۶۴۴ درصد) کاهش معنی‌داری یافت. پروتئولیز مطلوب دانه یکی از اهداف مهم جوانه‌زنی است که منجر به افزایش آنزیم‌های هیدرولیتیک، پپتیدها و ازت می‌گردد [۲۲]. افزایش جو مالت‌نشده در عصاره‌گیری سبب کاهش فعالیت آنزیماتیک به‌ویژه پروتئولیتیک‌ها می‌گردد که نهایتا منجر به کاهش ازت کل محلول ورت حاصل از آن می‌شود. نتایج بررسی حاضر حاکی از آن است که مقدار ازت کل محلول ورت حاصل از نسبت‌های اختلاط جو در مقایسه با مالت خالص جو (شاهد) با کاهش معنی‌داری همراه است ($P<0/05$) که تایید کننده نتایج آگو [۱۱] مبنی بر کاهش مقدار ازت کل محلول ورت نسبت اختلاط ۲۰ درصد جو مالت‌نشده در مقایسه با ورت جو کامل است (شکل ۹).

ماده خشک ورت: مقایسه میانگین مقدار ماده خشک ورت حاصل در نسبت‌های مختلف اختلاط جو در شکل (۱۰) ارائه شده است. نتایج حاصل از تحقیق حاضر حاکی از آن است که با استفاده از نسبت اختلاط ۲۰ درصد (۱۴/۰۵ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد (۱۴/۰۶ درصد) اختلاف معنی‌داری در مقدار ماده خشک مشاهده نشد ($P>0/05$)، اما با افزایش نسبت اختلاط جو به ۴۰ درصد (۱۳/۱۱ درصد) و ۵۰ درصد (۱۲/۹۴ درصد) کاهش معنی‌داری در مقدار ماده خشک مشاهده گردید.

pH ورت: همان‌طوری‌که در شکل (۱۱) نشان داده شده است بین pH ورت حاصل از نسبت اختلاط جو اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین مقایسه pH نسبت‌های اختلاط با نمونه شاهد حاکی از آن است که اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت ($P<0/05$).



شکل ۹ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر ازت کل محلول ورت مالت جو



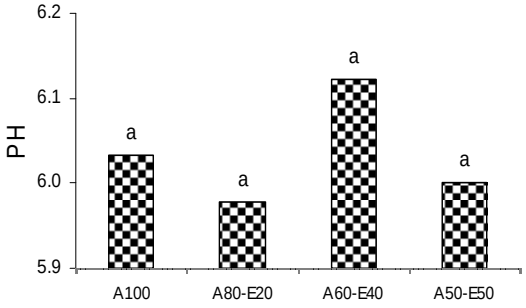
شکل ۱۰ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر ماده خشک ورت جو مالت

A80-E20 (نسبت ۸۰-۲۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)

A60-E40 (نسبت ۶۰-۴۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)

A50-E50 (نسبت ۵۰-۵۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)

A100 (شاهد مالت جو)



شکل ۱۱ تاثیر نسبت اختلاط جو مالت‌نشده بر pH ورت مالت جو

A80-E20 (نسبت ۸۰-۲۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)

A60-E40 (نسبت ۶۰-۴۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)

A50-E50 (نسبت ۵۰-۵۰ مالت جو – جو مالت‌نشده)

A100 (شاهد مالت جو)

۴- نتیجه‌گیری کلی

۱- فرایند مالت‌سازی سبب تغییرات فیزیکی و شیمیایی در دانه جو می گردد.

۲- جو رقم صحرا از نظر ابعاد جهت استفاده در صنعت مالت‌سازی مناسب است.

۳- کیفیت ورت حاصل از نسبت‌های اختلاط ۲۰ درصد جو صحرا مالت‌نشده نسبت سایر نسبت‌ها دارای برتری است.

۵- منابع

[1] U.S.D.A, 2010. United State department of agriculture.

[2] Dendy, D. A. V., and Dobraszczyk., B. J. 2001. Cereal and Cereal Product: Chemistry and technology. Aspen Publisher, Inc.

[3] Briggs, D. E. Malt and Malting. 1998. Blackie Academic and Profession. London. 79 p

[4] Pomeranz, Y. 1972. Scanning electron microscopy of the endosperm of malted barley. Cereal Chemictry. 49: 5

[5] Bamforth, C. W. 2oo5. Food Fermentation and Micro-organisms. Blackwell Publishing. 216 p.

[6] Celuse, I., Brijs, K., and Delcour, A. 2006. The effect of malting and mashing on barley protein extractability. Journal of Cereal Science. 44(2):203-211.

[7] Ogushi, K., Lim, P., Barr, A. R., Takahashi, S., Asakura, T., and Ito, K. 2002. Japanese barley meets Australia quality performance of malting barley crown different countries. Journal of Institute of Brewing. 108(3):303-309.

[8] Belitz, H. D., Grosch, W and Schieberle. 2009. Food Chemistry. 4th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1070 p.

[9] Agu, R. C. 2005. Quality assessment and performance of malted for food processing. Master Brewing Association of the Americas. 42(3):199-203.

[10] Glatthar, J., Heinisch, J. J., and Senn, T. 2005. Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts: effect of enzyme activities and composition on beer wort quality. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85:647-654.

[11] Agu, R. C. 2002. A comparision of maize, sorghum and barley as brewing adjuncts. Journal of Institute of Brewing. 108(1):19-22.

[12] 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.

[13] AOAC. 2006. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 18th end. Washington, DC, USA.

[14] 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.

[15] Anonymouse. 1989. Laboratory Methods in Malting. International Center for Brewing and Distilling Heriot–Watt University, Edinburgh, Scotland.

[16] Agu, R. C., and Palmer, G. H. 1997. The effect of temperature on the modification of sorghum and barley during malting. Process Biochemistry. 32:501-507.

[17] Bhatty, R.S. 1996. Production of food malt from hull-less barley. Cereal Chemistry.73 (1):75-80.

[18]Muoria, J. K., Linden, J. C., and Bechtel, P. J. 1998. Diastatic power and an amylase activity in millet, sorghum, and barley grains and malts. Journal of American Society of Brewing Chemists. 56(4):131-135.

[19] Vis, R. B and Lorenz, k. 1998. Malting and brewing with high ß-glucan barley. Lebensm. Wiss. u. Technology. 31:20-26.

[20] Palmer, G. H. Ultrastructure of endosperm and quality. 1991. Options Mediterraneennes. 20:19-21.

[21] Fretzdorff, B., Pomeranz, Y., and Bechtel, D. B. 1982. Malt modification assessed by histochemistry, light microscopy, and transmission and scanning electron microscopy. Food Science. 47:785-792

[22] Jones, B.L. 2005. Endoprotease of barley and malt. Journal of Cereal Science. 42:139-156.

Effect of malting on physico-chemical properties of barleys variety (Sahra) and applicability of using unmalted barley as an adjunct

Maghsoudlou, Y [1 *],. Kashiri, M [2] , Aghajani, N. [3]

1. MSc Instructor, Department of Food Science and Technology, Khazar University, Mahmoud Abad, Iran.
2. Associate and assistant professor, Department of Food Science and Technology, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Former M.Sc. Student, Department. of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(Received:89/3/1 Accepted:89/11/1)

Malting process includes steeping, controlled germination that after kilning nutritional properties and crispy of product enhance. Adjuncts are used in the most countries for cost reduction purposes without any undesirable effect on final product. The purpose of this study was determination of changing length, width, thickness, kernel density, bulk density, porosity, total nitrogen, reducing sugar, diastatic activity, cold water extract, pH, ash and texture during malting, and also mashing extract of malt process by using unmalted barley (sahra cultivar) as adjuncts at the rations of 20, 40 and 50 % was evaluated. Results showed that width, thickness, diastatic activity, reducing sugar and cold water extract of the samples increased over the malting time, whereas kernel density, bulk density, total nitrogen and ash decreased. Scanning electron microscopic examination of barley was revealed digestion of cell walls and protein matrix of endosperm walls. Increasing rations of unmalted barley as adjunct in mashing decreased the diaststic power, color, soluble nitrogen. Using unmalted barley as compared to mash from malted barley (100%) showed that the ration of 20% was better than the other rations.

Key word: Malt, barley, Electron microscopic, Adjunct

* Corresponding Author E-Mail address: Y. Maghsoudlou @yahoo.com