تاثیر فرایند مالت‌سازی بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه‌های غلات (گندم و جو) استان خراسان رضوی

الهه رازقندی[1]، امیرحسین الهامی راد[2]، علی‌رضا قدس ولی[3]، سید حسین استیری[4]، سارا آقاجان‌زاده سورکی[5]، حمید بخش آبادی[6]*

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد ،گروه علوم و صنایع غذایی ، واحد سبزوار ،دانشگاه آزاد اسلامی ، سبزوار ، ایران

[2] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی ، واحد سبزوار ، دانشگاه آزاد اسلامی ، سبزوار ، ایران

[3] دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان ، ایران

[4] مربی گروه علوم و صنایع غذایی ، واحد سبزوار ، دانشگاه آزاد اسلامی ، سبزوار ، ایران.

[5] دانشجوی دکتری مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[6] عضو باشگاه پژوهشگران جوان، واحد گرگان ، دانشگاه آزاد اسلامی ،گرگان ، ایران

تاریخ دریافت مقاله : ۹۴/۵/۵ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۴/۱۰/۱۳

چکیده

در این تحقیق، تاثیر فرایند مالت‌سازی بر برخی از خواص فیزیکوشیمیایی پنج دانه غله از استان خراسان رضوی (دو واریته جو با پوشینه به نام‌های ریحان و کویر، دو رقم گندم به نام‌های الوند و روشن و جو بدون پوشینه لاین ۱۷) از قبیل وزن هزاردانه، دانسیته‌ی ذره‌ای، میزان خاکستر، چربی و پروتئین در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در بین مالت‌های به دست آمده، مالت حاصل از جو بدون پوشینه و واریته کویر به ترتیب بیش‌ترین (۳۲/۵۲ گرم) و کم‌ترین (۲۶/۵۲ گرم) مقدار وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. فرایند مالت‌سازی منجر به کاهش دانسیته‌ی ذره‌ای، خاکستر، چربی و پروتئین شد، به گونه‌ای که دانسیته ذره‌ای جو بدون پوشینه پس از فرایند مالت‌سازی ۸/۴۵ درصد کاهش یافت. بیش‌ترین(۲/۹۲ درصد) و کم‌ترین (۱/۳ درصد) میزان خاکستر به ترتیب مربوط به مالت حاصل از دانه جو ریحان و گندم روشن بود. همچنین مشاهده شد که طی فرآیند مالت‌سازی میزان پروتئین مالت نسبت به دانه اولیه کاهش یافت و بیشینه میزان پروتئین (۱۳/۷۸ درصد) مربوط به جو واریته ریحان و کمینه میزان پروتئین (۹/۳۱ درصد) مربوط به مالت حاصل از جو واریته کویر بود. وزن هزار دانه در گندم الوند به ترتیب ۱۹/۰۴، ۱۶/۸۴، ۲۱/۱۲ و ۲۸/۴۰ درصد بیش‌تر از جو ریحان، جو کویر، جو بدون پوشینه و گندم روشن بود.

واژه‌های کلیدی: مالت‌سازی، خصوصیات فیزیکوشیمایی، گندم، جو

* مسوول مکاتبات : h.bakhshabadi@yahoo.com

۱- مقدمه

غلات، مهم‌ترین منبع تامین‌کننده‌ی انرژی بدن که حدود ۶۰ درصد مساحت زیر کشت مزارع جهان را به خود اختصاص داده است. در بین غلات، گندم بیش‌ترین سطح زیر کشت را داراست. در سال زراعی۹۰-۱۳۸۹، سهم غلات از ۱۲ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی، حدود ۸/۸ میلیون هکتار (معادل ۷۳/۱ درصد) گزارش شد که ۴۵ درصد آن مربوط به اراضی با کشت آبی و ۵۵ درصد بقیه به صورت کشت دیم بود، که سهم برداشت گندم، جو، شلتوک و ذرت دانه‌ای به ترتیب برابر ۷۲/۴، ۱۸، ۶/۵ و ۳ درصد بود. استان خراسان رضوی با ۴/۷ درصد تولید دارای رتبه‌ی هفتم در بین تولیدکنندگان غلات کشور می‌باشند (۲). مالت‌سازی از قدیمی‌ترین عملیات زیست فناوری محسوب می‌شود. این فرآیند شامل جوانه‌زنی محدود و کنترل شده غلات است که پس از خشک‌کردن، محصول تولیدی دارای خواص تغذیه‌ای تولید خواهد بود (۲۰). در صنعت مالت‌سازی از غلات مختلفی استفاده می‌گردد اما جو نسبت به سایر غلات به دلیل دارا بودن ترکیبات شیمیایی خاص، وقوع تغییرات مطلوب طی جوانه‌زنی و وجود پوسته که نقش حفاظت از جوانه را طی حمل و نقل بر عهده دارد، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۱۷). جو با نام علمی Hordeum vulgare یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که قدمت آن به بیش از ۵۰۰۰ سال پیش می‌رسد. جو از نظر سطح زیر کشت، چهارمین غله مهم جهان محسوب می‌شود و به طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). طی فرآیند مالت‌سازی بسته به نوع غله، رقم و شرایط فراوری، تغییرات کمی و کیفی متعددی در ساختار قندها به وجود می‌آید(۱۷). فرایند مالت‌سازی منجر به کاهش وزن هزار دانه، سرعت حد و همچنین افزایش فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز و راندمان عصاره‌ی آب سرد می‌شود (۳ و ۴). در فرایند مالت‌سازی ترکیبات ازت‌دار که طی مرحله‌ی خیساندن دانه‌ها وارد آب شده‌اند، در مرحله‌ی جوانه‌زنی به عنوان تقویت‌کننده‌ی رشد آکروسپایر و ریشه‌چه مصرف می‌گردند. با حذف ریشه‌چه از دانه، میزان ترکیبات ازت‌دار در انتهای فرآیند تولید مالت خشک‌شده کاهش می‌یابند. همچنین در مرحله‌ی خشک‌کردن با غیرفعال شدن بعضی از آنزیم‌ها و ترکیب مواد ازت‌دار با کربوهیدرات‌ها طی واکنش میلارد، محتوای ترکیبات ازت‌دار کاهش می‌یابد (۱۰ و ۱۴). با بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم جو (دشت و صحرا) را طی فرآیند مالت‌سازی مشخص شد که در اثر فرآیند مالت‌سازی عرض، ضخامت، محتوای قند احیاءکننده و قدرت دیاستاتیک افزایش و از طرفی دانسیته دانه‌ای، دانسیته حجمی و ازت کل کاهش می‌یابد (۱). در بررسی انجام شده روی تغییرات محتوای پروتئین گندم و جو طی فرآیند مالت‌سازی مشاهده شد که میزان پروتئین مالت جو و مالت گندم در مقایسه با دانه‌های اولیه کاهش می‌یابد. همچنین مقایسه ویژگی‌های عصاره مالت جو و تریتیکاله نشان داد که راندمان عصاره‌ی آب گرم تریتیکاله بیش‌تر از مالت جو است اما مدت زمان لازم برای فیلتراسیون عصاره‌ی مالت جو کم‌تر از مالت تریتیکاله گزارش شد (۱۳). طی فرآیند مالت‌سازی ارقام جو صحرا و ترکمن، قدرت دیاستاتیک و بازده استخراج عصاره آب سرد افزایش و وزن هزاردانه، خاکستر، پروتئین و عدد فالینگ کاهش یافت (۵). نتایج بررسی دیگر روی ویژگی‌های مالت حاصل از گندم، جو، تریتیکاله و سورگوم نشان داد که میزان راندمان عصاره‌ی آب گرم و شدت رنگ عصاره حاصل از تریتیکاله بیش‌تر از گندم و گندم نیز بیش‌تر از جو و سورگوم بود (۱۶). محققان بیان نمودند که هر چه مقدار پروتئین دانه‌ی اولیه بیش‌تر باشد سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و جوانه و در نتیجه اتلاف مالت‌سازی بالاتر و راندمان استخراج عصاره‌ی آب گرم آن کم‌تر خواهد بود (۱۹). هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر فرایند مالت‌سازی بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه‌های غلات مختلف شامل وزن هزاردانه، دانسیته ذره‌ای، میزان خاکستر، چربی و میزان پروتئین می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه مورد نیاز

نمونه‌های مورد آزمایش (دو واریته جو با پوشینه به نام‌های ریحان و کویر، دو رقم گندم به نام‌های الوند و روشن و جو بدون پوشینه لاین ۱۷) از جهاد کشاورزی سبزوار تهیه و جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه بخش صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار منتقل شد. مواد شیمیایی تولوئن، اسید سولفوریک، هیدروکسیدسدیم و سولفات مس از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱-تهیه مالت

پس از تمیز نمودن و بوجاری دانه‌ها به صورت دستی و با استفاده از الک، دانه‌ها به طور جداگانه به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به میزان رطوبت نهایی ۴۶-۴۲ درصد تحت فرآیند خیساندن قرار گرفتند (آب با دمای حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و سختی حدود ۲۵۰ پی.پی.ام). در مرحله‌ی بعد جهت طی شدن مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی (۷ روز)، دانه‌های خیسانده شده به داخل انکوباتور یخچال‌دار (ساخت ایران، تولید شرکت فن آزما گستر) با دمای حدود ۲۰-۱۷ درجه سانتی‌گراد انتقال یافتند (۳). سپس نمونه‌ها در دمای ۶۵-۵۵ درجه سانتی‌گراد طی مدت زمان ۴۸-۲۴ ساعت خشک شدند و سپس ریشه‌چه‌های آن‌ها به روش سایشی و با الک کردن جدا گردید (۱۵). در انتها آزمایشات مورد نظر روی دانه‌ها و مالت‌های حاصل انجام گرفت.

۲-۲-۲- تعیین وزن هزار دانه

برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد ۱۰۰۰ دانه به صورت تصادفی انتخاب و نتیجه‌ی توزین این میزان دانه بر حسب گرم گزارش شد (۹).

۲-۲-۳- اندازه‌گیری دانسیته ذره‌ای

با استفاده از پیکنومتر و بر اساس قانون جابه‌جایی سیال (تولوئن) حجم ۱۰ دانه توزین شده (m_k) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه و دانسیته ذره‌ای (ρ_k) با استفاده از معادله (۱) تعیین شد (۷).

معادله۱) $$\rho_k = \frac{m_k}{v}$$

۲-۲-۴- اندازه‌گیری میزان خاکستر

مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۳۷، میزان خاکستر با سوزاندن دانه‌ها در کوره الکتریکی (ساخت ایران، شرکت شیمی فن، مدل: F.69) در دمای ۵۵۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۸).

۲-۲-۵- اندازه گیری چربی

مقدار چربی دانه‌ها بر اساس روش ۳۹. ۹۲۰ AOAC اندازه‌گیری شد (۱۲).

۲-۲-۶- تعیین میزان پروتئین

مقدار ازت در دانه اولیه و مالت با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک (Auto Analyser 130 Tecator CO) اندازه‌گیری شد. پس از تیتراسیون مقدار ازت با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد. در نهایت با استفاده از میزان ازت محاسبه شده و ضریب تبدیل ۶/۲۵، میزان پروتئین نمونه‌ها محاسبه گردید (۱۲).

معادله۲) $$N(\%) = \frac{(X - ۱۴/۰۰۸)}{(w)}$$

در معادله‌ی فوق، N نشانگر درصد ازت، X عدد تیتر و W وزن نمونه نمونه خشک شده می‌باشد.

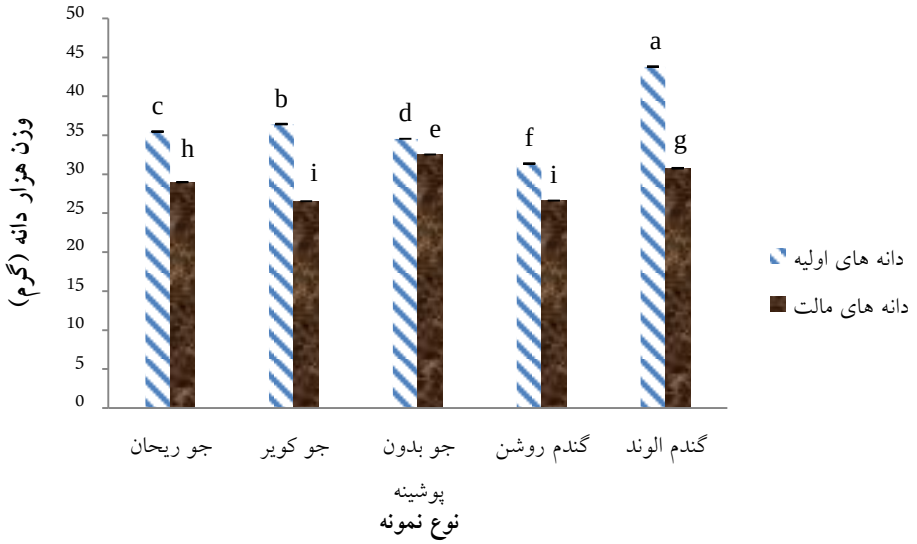
۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق اثر فرایند مالت‌سازی بر برخی از خواص فیزیکوشیمیایی دانه‌های غلات در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شد. جهت آنالیز نتایج به دست آمده از از نرم افزار SAS: 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر وزن هزار دانه

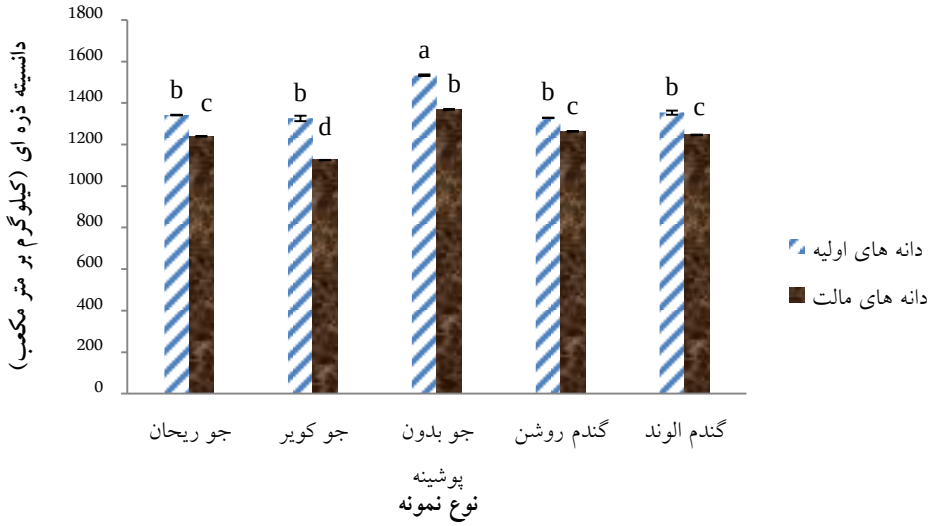
شکل (۱) نشان‌دهنده‌ی نتایج حاصل از تاثیر فرایند مالت‌سازی بر وزن هزاردانه‌ی غلات مورد آزمایش است. همانطور که مشخص است، در این بررسی نیز مانند نتایج گزارش شده توسط دیگر محققین، مشاهده شد که وزن هزار دانه‌ی غلات بیش‌تر از مالت حاصل از آن‌ها است (۵ و ۱۰). نتایج نشان داد که در بین مالت‌های به دست آمده، مالت حاصل از جو بدون پوشینه و واریته کویر به ترتیب بیش‌ترین (۳۲/۵۲ گرم) و کم-ترین (۲۶/۵۲ گرم) مقدار وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. وزن هزار دانه در گندم الوند به ترتیب ۱۹/۰۴، ۱۶/۸۴، ۲۱/۱۲ و ۲۸/۴۰ درصد بیش‌تر از جو ریحان، جو کویر، جو بدون پوشینه و گندم روشن بود. از عوامل موثر بر کاهش وزن هزاردانه غلات طی فرآیند مالت‌سازی می‌توان به خروج ترکیبات محلول در آب، تنفس دانه در مرحله‌ی خیساندن، مصرف ترکیبات مغذی طی جوانه‌زنی، خروج آکروسپایر و ریشه‌چه در انتهای فرآیند مالت‌سازی و نیز کاهش رطوبت محصول نهایی در مقایسه با دانه غلات اشاره نمود (۵ و ۱۱).



شکل ۱- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان وزن هزاردانه غلات مورد آزمایش

۳-۲- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر دانسیته ذره‌ای

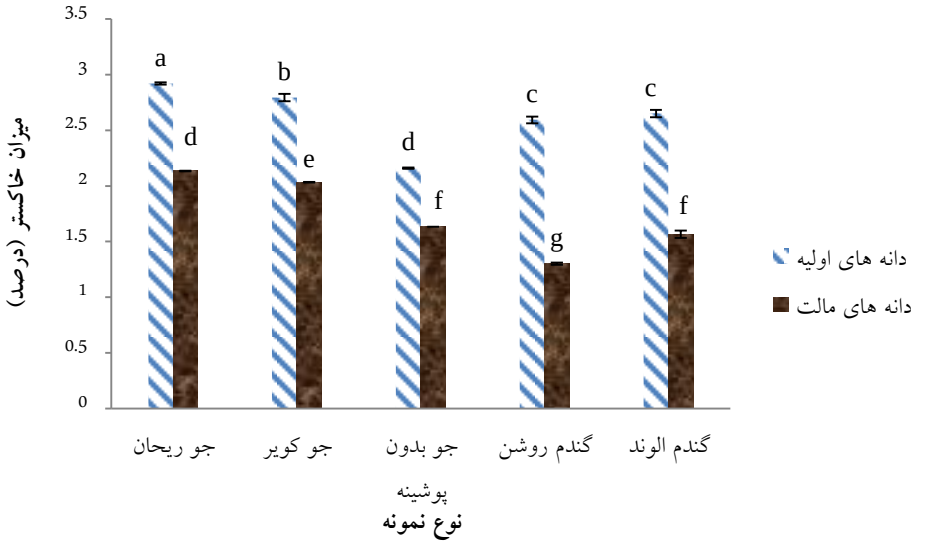
تعیین آن دسته از ویژگی‌های محصول، که منجر به کسب اطلاعاتی از خصوصیات محصول نهایی گردد، می‌تواند سبب افزایش کیفیت فرآورده نهایی آن محصول پس از فرآوری شود که خود تاثیر عمده‌ای بر کاهش ضایعات و افزایش ارزش افزوده محصول خواهد داشت. در این رابطه، استفاده از ویژگی‌های فیزیکی، بویژه در محصولات دانه‌ای، جهت تشخیص کیفیت دانه و طبقه‌بندی آن می‌تواند بسیار مفید باشد (۱۸). خواص فیزیکی از قبیل دانسیته ذره‌ای بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی مواد جامد تاثیر می‌گذارد. در شکل (۲) تاثیر فرایند مالت‌سازی بر دانسیته ذره‌ای نمونه‌ها نمایش داده شده است. آنالیز واریانس داده‌های به دست آمده نشان داد که فرایند مالت‌سازی بر دانسیته ذره‌ای دانه‌های مورد آزمایش تاثیر چشمگیری داشت ($P<۰/۰۱$). همانطور که مشخص است فرایند مالت‌سازی منجر به کاهش دانسیته مالت‌سازی شد، به گونه‌ای که دانسیته ذره‌ای جو بدون پوشینه پس از فرایند مالت‌سازی ۸/۴۵ درصد کاهش یافت که علت آن را می‌توان به کاهش وزن و افزایش حجم دانه طی فراوری نسبت داد، نتایج این بخش با موید نتایج برخی از محققان بود (۶). در بین نمونه‌ها، بیشترین دانسیته ذره‌ای به جو بدون پوشینه و کمترین آن به دانه‌های مالت حاصل از جو واریته کویر تعلق داشت.



شکل ۲- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر دانسیته ذره‌ای غلات مورد آزمایش

۳-۳- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان خاکستر

نتایج به دست آمده از این تحقیق پیرامون میزان خاکستر مالت‌های حاصل از دانه‌های غلات مورد بررسی نشان داد که طی فرآیند مالت‌سازی میزان خاکستر کاهش معنی‌داری (P< ۰/۰۵) یافت (شکل ۳). در بین دانه‌های مالت بیش‌ترین میزان خاکستر (۲/۹۲ درصد) متعلق به مالت حاصل از دانه جو ریحان بود که دلیل آن می تواند بیش‌تر بودن میزان خاکستر در دانه اولیه این غله باشد. کم‌ترین میزان خاکستر نیز به گندم روشن (۱/۳ درصد) نسبت داده شد. علت کاهش میزان خاکستر در فرایند مالت‌سازی را می‌توان به مصرف برخی از املاح توسط سلول‌های غلات مختلف در مرحله جوانه‌زنی نسبت داد. نتایج این بخش موید نتایج برخی از محققین که بیان داشته بودند، فرایند مالت‌سازی منجر به کاهش میزان خاکستر می‌شود، بود (۱۰ و ۲۲).



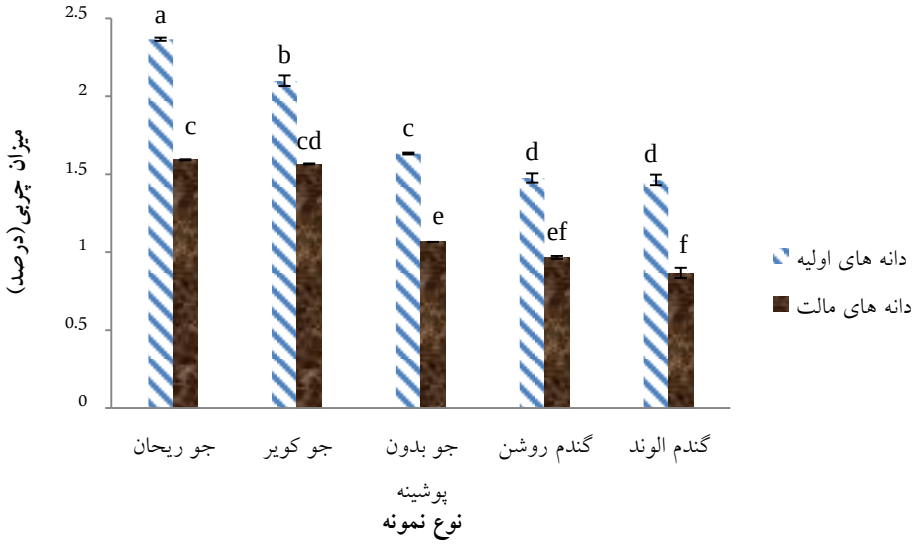
شکل ۳ -تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان خاکستر غلات مورد آزمایش

۳-۴- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان چربی

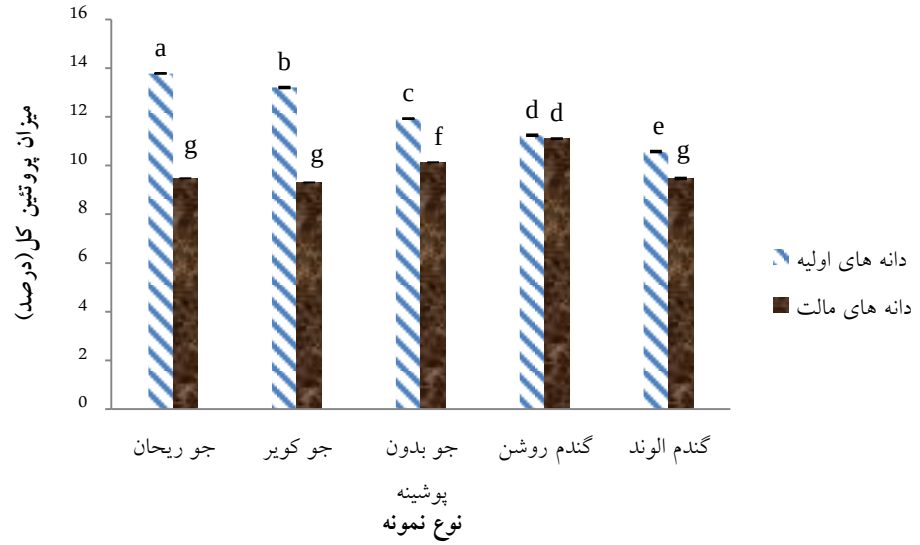
گزارش شده است که طی فرآیند عصاره‌گیری بخش اعظم لیپیدها در تفاله باقی می‌مانند که حضور اندک این ترکیبات، به خصوص لیپیدهای قطبی در عصاره، سبب ثبات کف در صنعت نوشابه‌سازی می‌گردد (۱۰). آنالیز واریانس داده‌های حاصل از چربی دانه‌های غله نشان داد که فرایند مالت‌سازی بر میزان چربی دانه‌ها تاثیر معنی‌دار (P<۰/۰۵) داشت. همان طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود فرایند مالت‌سازی منجر به کاهش میزان چربی دانه‌های غله شد به طوری که پس از فرایند مالت‌سازی میزان چربی دانه‌های جو ریحان، کویر، جو بدون پوشینه، گندم روشن و الوند به ترتیب ۳۲/۹، ۲۵/۲۳، ۳۴/۹۶ ، ۳۴ و ۴۱ درصد کاهش یافت. یافته‌های حاصل از این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط دیگر محققین مبنی بر کاهش میزان چربی در اثر فرآیند مالت‌سازی کاملا مطابقت دارد (۲۲).

۳-۵- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان پروتئین

کربوهیدرات و پروتئین دو فاکتور شیمیایی بسیار مهم در مالت‌سازی است که دارای اثر متقابل بر یکدیگر می‌باشند. در همین راستا برخی از محققین نشان دادند که افزایش مقدار پروتئین سبب کاهش بازدهی استخراج آب گرم می‌شود (۲۱) و گروهی دیگر بیان نموده‌اند 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 (۱۴). شکل (۵) نشان‌دهنده‌ی تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان پروتئین کل نمونه‌ها می‌باشد. طی فرآیند مالت‌سازی میزان پروتئین مالت نسبت به دانه‌ی اولیه جو به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). در این تحقیق بیش‌ترین میزان پروتئین (۱۳/۷۸درصد) مربوط به جو واریته ریحان و کم‌ترین میزان پروتئین (۹/۳۱ درصد) مربوط به مالت حاصل از جو واریته کویر بود. همچنین اختلاف آماری معنی‌داری میان میزان پروتئین با مالت حاصل از مالت حاصل از جو کویر، ریحان و گندم الوند



شکل ۴- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان چربی غلات مورد آزمایش



شکل ۵- تاثیر فرایند مالت‌سازی بر میزان پروتئین کل غلات مورد آزمایش

مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در مورد گندم روشن پروتئین دانه‌ها در طول فرایند مالت‌سازی به میزان ناچیزی کاهش یافت(P>۰/۰۵). بیش‌ترین کاهش میزان پروتئین متعلق به جو ریحان بود. علت کاهش پروتئین دانه در طول فرایند مالت‌سازی، مصرف بیش‌تر ازت جهت رشد آکروسپایر و ریشه‌چه طی مرحله جوانه‌زنی و جداسازی این بافت‌ها پس از خشک‌کردن محصول می‌باشد (۲۳).

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت و جایگاه غلات به عنوان محصول غذایی و زراعی، فراوری آن جهت تولید فراورده‌های متعدد غذایی حائز اهمیت است. فرایند مالت‌سازی از جمله فرایندهای مورد استفاده جهت تولید این قبیل محصولات به شمار می‌رود که طی آن برخی از خواص محصول دچار تغییر می‌شود. در این تحقیق مشاهده شد که فرایند مالت‌سازی منجر به کاهش وزن هزار دانه، دانسیته ذره‌ای، خاکستر، چربی و پروتئین دانه‌های غلات می‌شود. مشخص شد که جو بدون پوشینه دارای دانسیته ذره‌ای بیش‌تری نسبت به گندم و جوهای با پوشینه است. همچنین مشاهده شد که میزان چربی در دانه‌ها و مالت‌های جو بیش‌تر از گندم است.

۵- منابع

۱. آقاجانی، م.، کدیور، م.، کاشانی نژاد، م. و حسینی، ح.۱۳۸۸، بررسی اثر فرایند مالت سازی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی دو رقم جو صحرا و دشت، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۸): ۲۲۹-۲۱۹.

۲. بی‌نام، آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۰. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی. ۱۲۳ صفحه.

۳. بخش آبادی، ح.، میرزایی، ح.، قدس‌ولی، ع.ر.، ضیایی فر، ا.، قره‌خانی، م و رشیدزاده، ش. ۱۳۹۳.تأثیر فرآیند مالت‌سازی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آئرودینامیکی دو لاین جو استان گلستان. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۱۲: ۹۵ -۸۷.

۴. عرب عامریان، ف. ۱۳۹۰. بررسی اثر فرآیند مالت-سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از دو رقم جو صحرا و یوسف (D5). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار. ۱۱۲ صفحه.

۵. کشیری، م. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت مالت جو، گندم و تریتیکاله و اثر اختلاط غلات کمکی بر ویژگی های فیزیکوشیمیائی عصاره تولیدی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده علوم و صنایع غذایی.

۶. رجب زاده، ن. ۱۳۸۲. مبانی فناوری غلات . جلد دوم ، انشارات دانشگاه تهران ، تهران ، صفحات ۴۴۲-۴۴۷.

۷. رضوی، م. ع. و اکبری، ر. ۱۳۸۵. خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، ص ۳۰۴.

۸. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۶۲. آرد جو. استاندارد شماره ۲۳۳۷.

۹. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۲. غلات و فرآورده‌های آن - جو - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد شماره ۴۷، چاپ دوم

10. Agu. R.C. and Palmer, G.H. 1998. Some relationships between the protein nitrogen of barley and the production of amylolytic enzyme during malting. Journal of the Institute of Brewing 104: 273-276.

11. Agu, R.C. and Palmer, G.H. 2003. Pattern of nitrogen distribution in barley grains grown in the field. Journal of the Institute of Brewing 109: 110-113.

12. AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

13. Bhatty, R.S. 1999. The potential of hull-less barley. Cereal Chemistry 76: 589-599.

14. Briggs, D.E., Hough, J.S., Stevens, R and Young, T.W. 1990. Malting and brewing science, (malt and sweet wort). 2nd ed. London: Chapman and Hall.

15. Briggs, D. E. 1998. Malts and Malting. Culinary and Hospitality Pub. Services, Texas.

16. Briggs, D.E. 2002. Malt modification– A century of evolving views. Journal of the Institute of Brewing 108: 395-405.

17. Celuse, I., Brijs, K and Delcour, A. 2006. The effect of malting and mashing on barley protein extractability. Journal of Cereal Science 44: 203-211.

18. Dowell, F., Martin, C., Steele, J and Vacant, D. 1997. Objective grading and end-use property assessment of single kernels and bulk grain samples. USDA Projects, available at: http://www.usda.org

19. Eneje, L.O., Ogu, E.O., Aloh, C.U., Oidbo, 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. Journal of Process Biochemistry 39: 1013-1016.

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

21. Roy, D.K and Singh, B.P. 2006. Malting characteristics of six-row winter barley (Hordeum vulgare L.) as affected by different levels of nitrogen, phosphorus and vermicompost. Journal of Food Science and Technology . 43: 337-340.

22. Vis, R.B and Lorenz, K. 1998. Malting and brewing with high β-glucan barley. LWT-Food Science and Technology 31: 20-26.

23. Wijngaard, H.H., Ulmer, H.M., Neumann, M and Arendt, E.K. 2005. The effect of steeping on the final malt quality of buckwheat. Journal of the Institute of Brewing 111: 275-281.