

بررسی مهمترین متغیرهای موثر در فرایند صنعتی عصاره‌گیری گرم از مالت جو به روش برنامه‌ریزی حرارتی

محمد طاهری^۱، لیلا ناطقی^{۲*}، علیرضا ملکی کهکی^۳، انوشه رحمانی^۴، فرهنگ سلیمانی^۵

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

^۲ استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

^۳ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران

^۴ عضو هیئت علمی پژوهشگاه استاندارد، تهران، ایران

^۵ مدیر کل کارخانه بهنوش ستاره، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۱

چکیده

در سالهای اخیر با توجه به افزایش نرخ ارز و تحریم‌های صورت گرفته امکان واردات مالت هلندی وجود ندارد. از طرفی جو کشت شده در ایران و مالت حاصل آن در مقایسه با مالت هلندی مواد جامد محلول کمتری دارد و زمان لازم برای جداسازی عصاره مالت از تفاله بیشتر است. لذا در این پژوهش به منظور افزایش میزان استحصال مواد جامد محلول و کاهش زمان جداسازی تفاله از عصاره مالت مهم‌ترین متغیرهای موثر در فرایند صنعتی عصاره‌گیری گرم از مالت جو هوردنوم ولگار به روش برنامه‌ریزی حرارتی مورد بررسی قرار گرفت. طی مطالعات اولیه بهترین محدوده دمایی فعالیت آنزیم‌های آلفا-آمیلاز، بتا-آمیلاز، بتا-گلوکاناز، پروتئازها و محدوده زمان و وزن مالت در سه مرحله عصاره‌گیری از مالت مشخص شد. وزن مالت ورودی ۱۸۵۰ تا ۲۲۰۰ کیلوگرم انتخاب گردید. در مرحله اول عصاره‌گیری از مالت از دمای ۴۸ تا ۶۳ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ تا ۲۵ دقیقه استفاده شد و در مرحله دوم عصاره‌گیری از دمای ۶۳ تا ۶۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲۵ تا ۵۵ دقیقه استفاده شد و در مرحله سوم عصاره‌گیری از دمای ۷۰ تا ۷۸ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ تا ۲۰ دقیقه استفاده شد. با استفاده از نرم افزار مینی تب به روش طراحی فاکشنال فاکتوریل^۱ یک هشتم ۱۶ تیمار مختلف انتخاب گردید. سپس عصاره‌گیری از تیمارها در مقیاس صنعتی با روش برنامه‌ریزی حرارتی انجام شد و میزان مواد جامد محلول، pH عصاره و زمان جداسازی تفاله از عصاره تیمارها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد وزن مالت، دمای مرحله اول و زمان حرارت دادن در مرحله دوم بیشترین تاثیر را بر میزان استحصال مواد جامد محلول تیمارهای مورد آزمون دارد و دمای مرحله دوم نیز موثرترین عامل در افزایش زمان جداسازی تفاله است. pH در کلیه تیمارهای مورد آزمون در اثر افزایش دمای مرحله اول و دمای مرحله سوم به شکل معنی‌داری کاهش یافت اما افزایش دمای مرحله دوم تقریباً بر آن بدون تاثیر بود. افزایش وزن مالت و یا زمان حرارت دادن در تمامی مراحل نیز سبب کاهش معنی‌دار pH شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تیمار بهینه مربوط به تیماری است که وزن مالت ایرانی ۲۲۰۰ کیلوگرم، دمای مرحله اول ۶۳ درجه سانتی‌گراد در زمان ۲۵ دقیقه، دمای مرحله دوم ۶۳ درجه سانتی‌گراد در زمان ۵۵ دقیقه، دمای مرحله سوم ۷۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ۱۰ دقیقه باشد. با اعمال شرایط فوق‌الذکر به شکل معنی‌داری میزان مواد جامد محلول افزایش پیدا کرد و زمان جداسازی تفاله به طور قابل توجهی کاهش یافت.

واژه های کلیدی: مالت جو، عصاره‌گیری، برنامه‌ریزی حرارتی، زمان جداسازی تفاله

۱- مقدمه

مالت جو ماده اولیه اصلی تولید ماءالشعیر است و فرآورده‌ای است که از جوانه زدن جو و فعالیت آنزیم‌های طبیعی جو بر روی نشاسته آن حاصل می‌شود (۳). جو مورد استفاده برای مالت سازی معمولاً از گونه هوردنوم ولگار است که از نوع شش ردیفه می‌باشد (۴). حدود یک سوم کل تولید جهانی جو مربوط به اروپا است. تولید جهانی جو بر اساس آمار سازمان خواروبار کشاورزی در سال ۲۰۱۳ حدود ۱۴۴ میلیون تن گزارش گردیده که ایالات متحده آمریکا ۴۶۸۲۷۳۵ تن، کانادا ۱۰۲۳۷۱۰۰ تن، ترکیه حدود ۷۹۰۰۰۰۰ تن، روسیه ۱۵۳۸۷۰۴ تن و سرانجام کشورهای اتحادیه اروپا در سال ذکر شده ۵۹۸۴۳۹۹۷ تن جو تولید کرده‌اند (۱۰). میزان عصاره‌گیری از یک واریته تحت تاثیر ژنتیک، محیط و مالت‌سازی است بنابراین اگر دانه‌های با کیفیت یکسان انتخاب و در شرایط بهینه مالت شوند میزان عصاره‌گیری در میان نمونه‌های مختلف یک واریته تفاوت زیادی نخواهد داشت (۱۹). جو هوردنوم ولگار در شرایط مختلف اقلیمی از نواحی نزدیک به قطب شمال گرفته تا نواحی گرمسیری نزدیک به استوا رشد می‌کند (۱۱)، اما میزان ترکیبات مختلف مالت در بین واریته‌های مختلف و حتی در میان دو نمونه از واریته هوردنوم ولگار که در شرایط مختلف اقلیمی و کشاورزی کشت شده‌اند متفاوت است و میزان بالای پروتئین سبب کاهش میزان عصاره‌گیری می‌شود (۱۳). به علت اینکه کیفیت ماءالشعیر وابستگی مستقیم به مالت تولید شده از جو و نهایتاً جو دارد و جو تولید داخل از کیفیت مناسبی جهت تولید محصول مرغوب برخوردار نمی‌باشد، لذا کیفیت ماءالشعیر به تناسب مواد اولیه مصرفی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. تولید ماءالشعیر با عصاره‌گیری گرم از مالت صورت می‌گیرد (۳). فرایند عصاره‌گیری گرم مستلزم حل کردن موادی که به طور مستقیم در آب محلول هستند و هیدرولیز آنزیمی آنها پس از حل شدن مستمر مواد است که برای نوع و کیفیت ماءالشعیر مهم هستند. ۹۰-۹۲ درصد ترکیبات عصاره، کربوهیدرات‌های محلول استحصال شده است (۶، ۷، ۱۹).

آنزیم‌های موثر در هیدرولیز این مواد شامل آمیلازها، پروتازها، پپتیدازها، ترانس گلوکوزیدازها و فسفوریلازها هستند و مهمترین عامل در فعالیت آنزیم‌ها درجه حرارت، pH، زمان و غلظت عصاره است، در واقع در فرایند عصاره‌گیری گرم درجه حرارت تعادلی بین درجه حرارت مورد نیاز برای فعالیت هیدرولیزی

آنزیم‌های فوق‌الذکر و میزان غیر فعال‌سازی حرارتی این آنزیم‌ها است (۱۷). در عصاره‌گیری با برنامه‌ریزی حرارتی تولید کننده‌ها برای تنظیم کردن دمای عصاره با استفاده از ژاکت‌های حرارتی و یا تزریق بخار تنظیم دمای عصاره را در مراحل دمایی مختلف انجام می‌دهند (۱۴). محققین پیشین کوشش‌های مختلفی را برای بهبود کیفیت عصاره انجام دادند مانند بریجز و وادسون^۱ که عصاره‌گیری گرم با برنامه‌ریزی حرارتی را با توجه به خصوصیات مالت مورد آزمون با اعمال ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای یک ساعت به عنوان مرحله اول و ۶۵ درجه سانتی‌گراد برای ۱ ساعت دیگر به عنوان مرحله دوم انجام دادند و از دستگاه اکسترودر نیز به جای دستگاه آسیاب استفاده کردند (۸) و یا جونز^۲ که عصاره‌گیری گرم با برنامه‌ریزی حرارتی را فرایندی تعریف کرد که در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود و به تدریج دما با نرخ ثابت تا رسیدن به دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد که آن را دمای تبدیل نشاسته به قند نامید افزایش می‌یابد. جونز فعالیت آندو پروتازهای را طی فرایند عصاره‌گیری گرم مورد بررسی قرار داد و اعلام کرد تمامی پروتازها در طول مدت ۵۸ دقیقه حرارت‌دهی در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد که مرحله پروتئین در روش عصاره‌گیری تجاری آمریکا نامیده می‌شود فعال هستند و سپس به طور ناگهانی و به سرعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد که دمای تبدیل در این روش است غیر فعال می‌شوند (۱۲). همچنین هوارد^۳ و همکارانش با تحقیق بر روی اثر میزان پروتئین مالت جو هوردنوم ولگار بر عصاره‌گیری از آن اعلام کردند که میزان بالای پروتئین سبب کاهش میزان عصاره‌گیری شده و پروتئین کل تاثیر منفی بر روی عصاره‌گیری دارد (۱۳). جین^۴ و همکارانش نیز پروتئین مالت جوهای مختلف که دارای تفاوت آشکار در قابلیت جداسازی تفاله بودند را مورد بررسی قرار دادند، آنها دریافتند که در طی عصاره‌گیری زمانی که دما به ۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد بتا-گلوکان محلول می‌شود اما به دلیل غیر فعال شدن بتاگلوکانازها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و یا بالاتر از آن، تجزیه نمی‌شود و میزان بالای بتاگلوکان، گرانی و سرعت جداسازی تفاله را افزایش می‌دهد، آنها مهمترین تفاوت قابل ذکر ارقام مورد مطالعه را

¹Briggs and Wadson

² Jones

³ Howard

⁴ Jin

۲- مواد و روش ها

۲-۱ مواد

در این تحقیق از مالت شرکت هلند مالت با (درصد وزنی/وزنی) $9/5 \pm 0/05$ پروتئین، (درصد وزنی/وزنی) $2/022 \pm 0/01$ خاکستر و وزن هزار دانه $44/003 \pm 0/005$ گرم برای عصاره گیری به عنوان تیمار کنترل استفاده شد. همچنین از مالت تولید شده شرکت بهنوش از گونه هوردنوم ولگار با (درصد وزنی/وزنی) $11/08 \pm 0/153$ پروتئین، (درصد وزنی/وزنی) $2/25 \pm 0/01$ خاکستر و وزن هزار دانه $38/997 \pm 0/01$ گرم برای عصاره گیری در تیمارهای آزمون استفاده شد. به منظور انجام آزمونهای مذکور از روشهای استاندارد ملی به شماره های ۲۸۶۳، ۲۷۰۶، ۷۶۲۹ استفاده شد (۱،۳،۴).

۲-۲ روش ها

۲-۲-۱ مرحله اول: عصاره گیری از تیمار کنترل

به منظور بررسی خصوصیات یک فرایند مطلوب برای کارخانه از نظر میزان استحصال مواد جامد محلول، زمان جداسازی تفاله و pH عصاره، عصاره گیری گرم از مالت تولید شده توسط شرکت هلند مالت طبق شرایط سابق مورد استفاده در کارخانه به روش برنامه ریزی حرارتی با وارد کردن ۱۸۵۰ کیلوگرم مالت به دستگاه فرایند (دستگاه Steinecker ساخت کشور آلمان) و اعمال دمای ۶۰ سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه در مرحله اول، دمای ۶۵ سانتی گراد به مدت ۵۵ دقیقه در مرحله دوم و دمای ۷۸ سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه در مرحله سوم انجام شد (۶). دما در طول مرحله اول، مرحله دوم و مرحله سوم حرارت دهی طی عصاره گیری به طور مستمر توسط ترمومتر دستگاه مورد اندازه گیری قرار گرفت (۹). مطابق با نتایج میزان استحصال مواد جامد محلول، زمان جداسازی تفاله و pH عصاره مالت هلندی به ترتیب $13/86 \pm 0/05$ درصد وزنی/وزنی، $173/33 \pm 7/64$ دقیقه و $5/65 \pm 0/05$ بود.

۲-۲-۲ مرحله دوم: عصاره گیری از تیمارهای مورد آزمون

طی مطالعات اولیه مهمترین متغیرهای تاثیر گذار و رنج مطلوب آنها بر روی فرایند عصاره گیری از مالت ایرانی با واریته هوردنوم ولگار به این صورت تعیین شد که وزن مالت ورودی ۱۸۵۰ تا ۲۲۰۰ کیلوگرم انتخاب گردید، در مرحله اول عصاره گیری از مالت از دمای ۴۸ تا ۶۳ درجه سانتی گراد و زمان ۱۵ تا ۲۵ دقیقه

تفاوت در میزان پروتئین های بتا-آمیلاز و سرپین اعلام کردند که قابلیت فیلترپذیری را تحت تاثیر قرار می دهد و با افزودن بتا آمیلاز اقدام به اصلاح زمان جداسازی تفاله نمودند (۱۵). در پژوهش های پیشین محدوده های دمایی مختلفی به عنوان دامنه دمای بهینه فعالیت آنزیم های موثر در فرایند عصاره گیری ذکر شده است به طوری کوچکترین عدد عنوان شده در تعریف کران پایین دامنه دمایی بهینه بتا آمیلاز ۲۰ درجه سانتی گراد و بزرگترین عدد ذکر شده در تعریف کران بالای دامنه حرارتی بهینه آن ۶۲/۵ درجه سانتی گراد است، کوچکترین و بزرگترین ارقام بیان شده در تعریف کران پایین و بالای دامنه دمایی بهینه برای آلفا آمیلاز نیز به ترتیب ۵۵ و حداکثر ۷۰ درجه سانتی گراد ذکر است (۱۷، ۶). با توجه به اعمال تحریم ها و عدم امکان واردات مالت از شرکت هلند مالت و اجبار کارخانه به استفاده از مالت تولید شده از جو هوردنوم ولگار کشت شده در ایران که منجر به کاهش میزان استحصال مواد جامد محلول در فرایند غیر مداوم شده بود و به دلیل افزایش زیاد زمان جداسازی تفاله (تفاله حاصل از عصاره گیری مالت ایرانی تحت شرایط اعمال شده در خصوص مالت هلندی تشکیل یک توده له شده، نفوذ ناپذیر و آبدار را می داد) امکان افزایش وزن مالت وارده به دستگاه عصاره گیری را به دلیل همین گلوگاه ایجاد شده در مرحله جداسازی منتفی کرده بود و با توجه به عدم وجود پژوهشی که راهکارهای افزایش همزمان استحصال مواد جامد محلول و کاهش زمان جداسازی تفاله در عصاره گیری گرم از مالت را مورد توجه و بررسی قرار دهد و نیز با توجه به عدم اتفاق نظر پژوهش های پیش در بیان دما و زمان حرارت دهی بهینه و تعداد مراحل عصاره گیری گرم با برنامه ریزی حرارتی، در این پژوهش پس از ارزیابی میزان تولید مواد جامد محلول از فرایند عصاره گیری گرم مالت هلندی که میزان آن مطلوب کارخانه بهنوش ستاره است، عصاره گیری گرم از مالت تولید ایران با واریته ی هوردنوم ولگار در مقیاس صنعتی بر اساس روش برنامه ریزی حرارتی انجام می شود و ضمن ثبت میزان عوامل مختلف موثر در هر مرحله فرایند غیر مداوم، بر اساس متغیرهای وزن مالت، دمای مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، زمان مرحله اول حرارت دهی، زمان مرحله دوم حرارت دهی و زمان مرحله سوم حرارت دهی تاثیر آنها در میزان استحصال مواد جامد محلول مورد بررسی قرار گرفت و بهینه سازی فرایند با توجه به خصوصیات مالت انجام شد.

استفاده شد و در مرحله دوم عصاره گیری از دمای ۶۳ تا ۶۶ درجه سانتی گراد و زمان ۲۵ تا ۵۵ دقیقه استفاده شد و در مرحله سوم عصاره گیری از دمای ۷۰ تا ۷۸ درجه سانتی گراد و زمان ۱۰ تا ۲۰ دقیقه استفاده شد. برای طراحی تیمارها از نرم افزار مینی تب به روش طراحی فراکشنال فاکتوریل یک هشتم استفاده گردید.

بنابراین ۱۶ تیمار مختلف مطابق با جدول ۱ برای عصاره گیری از مالت ایرانی انتخاب شد. سپس نتایج بدست آمده از تیمارهای مورد آزمون با نمونه شاهد که مالت هلندی بود مقایسه گردید و تیمار بهینه تعیین شد.

جدول ۱- مقادیر مختلف وزن، دما و زمان برای عصاره گیری سه مرحله ای از مالت ایرانی با واریته هوردنوم ولگار

شماره آزمون	وزن مالت	دمای فاز ۱	زمان فاز ۱	دمای فاز ۲	زمان فاز ۲	دمای فاز ۳	زمان فاز ۳
۱	۱۸۵۰	۶۳	۲۵	۶۶	۲۵	۷۸	۱۰
۲	۲۲۰۰	۴۸	۲۵	۶۳	۲۵	۷۸	۱۰
۳	۱۸۵۰	۴۸	۲۵	۶۳	۵۵	۷۸	۲۰
۴	۱۸۵۰	۴۸	۱۵	۶۶	۲۵	۷۸	۲۰
۵	۲۲۰۰	۴۸	۱۵	۶۶	۵۵	۷۸	۱۰
۶	۲۲۰۰	۶۳	۲۵	۶۶	۵۵	۷۸	۲۰
۷	۱۸۵۰	۶۳	۲۵	۶۳	۲۵	۷۰	۲۰
۸	۱۸۵۰	۶۳	۱۵	۶۳	۵۵	۷۸	۱۰
۹	۲۲۰۰	۶۳	۲۵	۶۳	۵۵	۷۰	۱۰
۱۰	۱۸۵۰	۶۳	۱۵	۶۶	۵۵	۷۰	۲۰
۱۱	۲۲۰۰	۴۸	۲۵	۶۶	۲۵	۷۰	۲۰
۱۲	۲۲۰۰	۶۳	۱۵	۶۳	۲۵	۷۸	۲۰
۱۳	۲۲۰۰	۴۸	۱۵	۶۳	۵۵	۷۰	۲۰
۱۴	۱۸۵۰	۴۸	۱۵	۶۳	۲۵	۷۰	۱۰
۱۵	۱۸۵۰	۴۸	۲۵	۶۶	۵۵	۷۰	۱۰
۱۶	۲۲۰۰	۶۳	۱۵	۶۶	۲۵	۷۰	۱۰

۲-۳ مرحله سوم: اندازه گیری متغیرهای وابسته

دما در مراحل مختلف عصاره گیری مورد اندازه گیری قرار گرفت و پس از اتمام عصاره گیری از تیمارها ابتدا با استفاده از محلول ید رقیق N ۰/۰۵ از هیدولیز کامل نشاسته در طی عصاره گیری اطمینان حاصل شد (۹) و سپس درصد مواد جامد محلول عصاره (۵)، pH عصاره (۱۷) و زمان جداسازی تفاله از عصاره (بر حسب دقیقه) مورد اندازه گیری قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ نتایج تغییرات میزان مواد جامد محلول (Brix) حاصل از عصاره گیری تیمارهای مالت ایرانی

جدول شماره ۲ میزان استحصال مواد جامد محلول عصاره مالت ۱۶ تیمار مختلف مورد آزمون را نشان می دهد. همانگونه که

مشاهده می شود در بین ۱۶ تیمار مورد آزمون بیشترین میزان استحصال مواد جامد محلول مربوط به تیمار شماره ۹ با میزان ۱۲/۸۶ درصد وزنی/وزنی بود. در بین تیمارهای مورد مطالعه تیمار مذکور نزدیکترین میزان مواد جامد محلول را به تیمار شاهد که مالت هلندی بود را داشت.

در منابع مختلف مورد مطالعه محدوده نسبتا وسیعی به عنوان محدوده دمایی فعالیت آنزیمهای آلفا- آمیلاز و بتا- آمیلاز ذکر شده است به طوری که حداکثر دمای ذکر شده برای فعالیت آلفا- آمیلاز را مونتتری^۱ و همکارانش ۲۰۰۵ دمای ۷۰ درجه سانتی گراد ذکر کرده اند و حداقل دمای ممکن برای فعالیت آن

¹ Montanari

می دهد. مطابق با نتایج افزایش وزن مالت، دمای مرحله اول و زمان مرحله دوم بر میزان مواد جامد محلول عصاره معنی دار ($p \leq 0/05$) بوده است بطوریکه که p value آنها بترتیب ۰/۰۱۸، ۰/۰۱۸ و ۰/۰۰۱ گزارش شد. با توجه به اینکه میزان T value در زمان مرحله دوم (۴/۹۳) بالاتر از وزن مالت و دمای مرحله اول (۲/۹۶) بود بنابراین زمان مرحله دوم نسبت به دو فاکتور دیگر بر روی افزایش میزان مواد جامد محلول معنی دارتر بود. مطابق با جدول ۳ زمان مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، و زمان مرحله سوم بر میزان مواد جامد محلول معنی دار ($p > 0/05$) نبود. از آنجاییکه علامت ضریب تاثیر فاکتورهای وزن، دمای فاز ۱، زمان فاز ۲ و زمان فاز ۳ مثبت است بنابراین افزایش آنها اثر معنی دار بر روی افزایش مواد جامد محلول دارند و افزایش فاکتورهای زمان فاز ۱، دمای فاز ۲ و دمای فاز ۳ با علامت ضریب تاثیر، منفی باعث کاهش مواد جامد محلول می شوند.

۳-۲ نتایج تغییرات میزان pH تیمارهای مالت ایرانی

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می شود نتایج بررسی ها مشخص کرد که اثر هیچ یک از عوامل اصلی بر روی میزان pH عصاره معنی دار ($p > 0/05$) نبود. مطابق با جدول ۲ افزایش وزن مالت، دمای مرحله اول و دمای مرحله سوم سبب کاهش اندک میزان pH شد در تایید این نتایج جدول ۴ نشان داد که علامت ضریب تاثیر فاکتورهای مذکور بر روی تغییرات pH منفی بود. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است افزایش زمان مرحله اول، دما و زمان مرحله دوم و زمان مرحله سوم سبب افزایش اندک میزان pH شده است که از نظر آماری معنی دار نیستند. علامت ضریب تاثیر فاکتورهای مذکور بر روی تغییرات pH نیز در جدول ۴ مثبت نشان داده شده است. جونز در سال ۲۰۰۵ بیان کرد pH نهایی عصاره ۶/۸-۴/۸ باید باشد (۱۲) که با یافته های این تحقیق مطابقت داشت بطوریکه حداقل pH ثبت شده در این پژوهش ۴/۸ و حداکثر pH ثبت شده ۵/۷۳ بود.

را سیم و بری^۱ ۱۹۹۶ دمای ۶۳ درجه سانتی گراد ذکر کرده اند (۲۰، ۱۷). در خصوص بتا آمیلاز نیز حداکثر دمای گزارش شده ۶۵ درجه سانتی گراد است که مونتری همکارانش ۲۰۰۵ گزارش کرده اند و حداقل دمای ذکر شده برای آن ۲۰ درجه سانتی گراد است که مقصود لو و همکاران ۱۳۸۹ به آن اشاره کرده اند (۱۷، ۱۶). اما مک گرگور^۲ ۲۰۰۲ و همچنین سیم و بری در سال ۱۹۹۶ حداکثر دمای قابل تحمل برای فعال باقی ماندن بتا-آمیلاز را به ترتیب ۶۲/۵ و ۶۳ درجه سانتی گراد ذکر کرده اند (۲۰، ۱۶). از آنجایی که اعمال بهینه دمایی هر آنزیم امکان پذیر نیست بنابراین دما بهینه برای حداکثر حلالیت نشاسته اعمال می شود (۲۰). دمای بهینه برای ژلاتیه شدن نشاسته جو ۶۳ درجه سانتی گراد است (۲۰، ۱۶). به نظر می رسد که دلیل موفقیت تیمار شماره ۹ همین موضوع بود.

کمترین میزان مواد جامد محلول استحصال شده از مالت ایرانی مربوط به تیمار ۱ و ۱۴ بود که ۳/۸۶ درصد وزنی/وزنی از میزان مواد جامد محلول استحصال شده از مالت هلندی کمتر بود. به نظر می رسد این نتایج این دو تیمار با نتایج مطالعات جونز^۳ ۲۰۰۵ که بیان کرده است تمامی پروتئازها در طول مدت ۵۸ دقیقه حرارت دادن در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد که مرحله پروتئین در روش عصاره گیری تجاری آمریکا نامیده می شود، فعال هستند و با طولانی تر کردن مرحله دمایی پروتئین می توان میزان پروتئین های محلول را افزایش داد ولی طولانی کردن زمان مرحله تبدیل قند تاثیری در افزایش آنها ندارد قابل توجه باشد (۱۲). نتایج نشان داد که افزایش توام وزن مالت و دمای هر سه مرحله و یا افزایش توام وزن مالت و زمان حرارت دادن در هر سه مرحله سبب افزایش میزان استحصال مواد جامد محلول می گردد. وزن مالت، دمای مرحله اول و زمان حرارت دادن در مرحله دوم بیشترین تاثیر را بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۲ بر میزان استحصال مواد جامد محلول داشته است.

شکل ۱ و ۲ اثرات سطحی و متقابل وزن مالت و دمای سه مرحله عصاره گیری را بر میزان مواد جامد محلول عصاره تیمارهای ایرانی نشان می دهد. جدول ۳ نیز اثر عوامل اصلی و ضریب تاثیر آنها را بر تغییرات مواد جامد محلول را در تیمارهای مذکور نشان

¹ Sim and Berry

² Macgregor

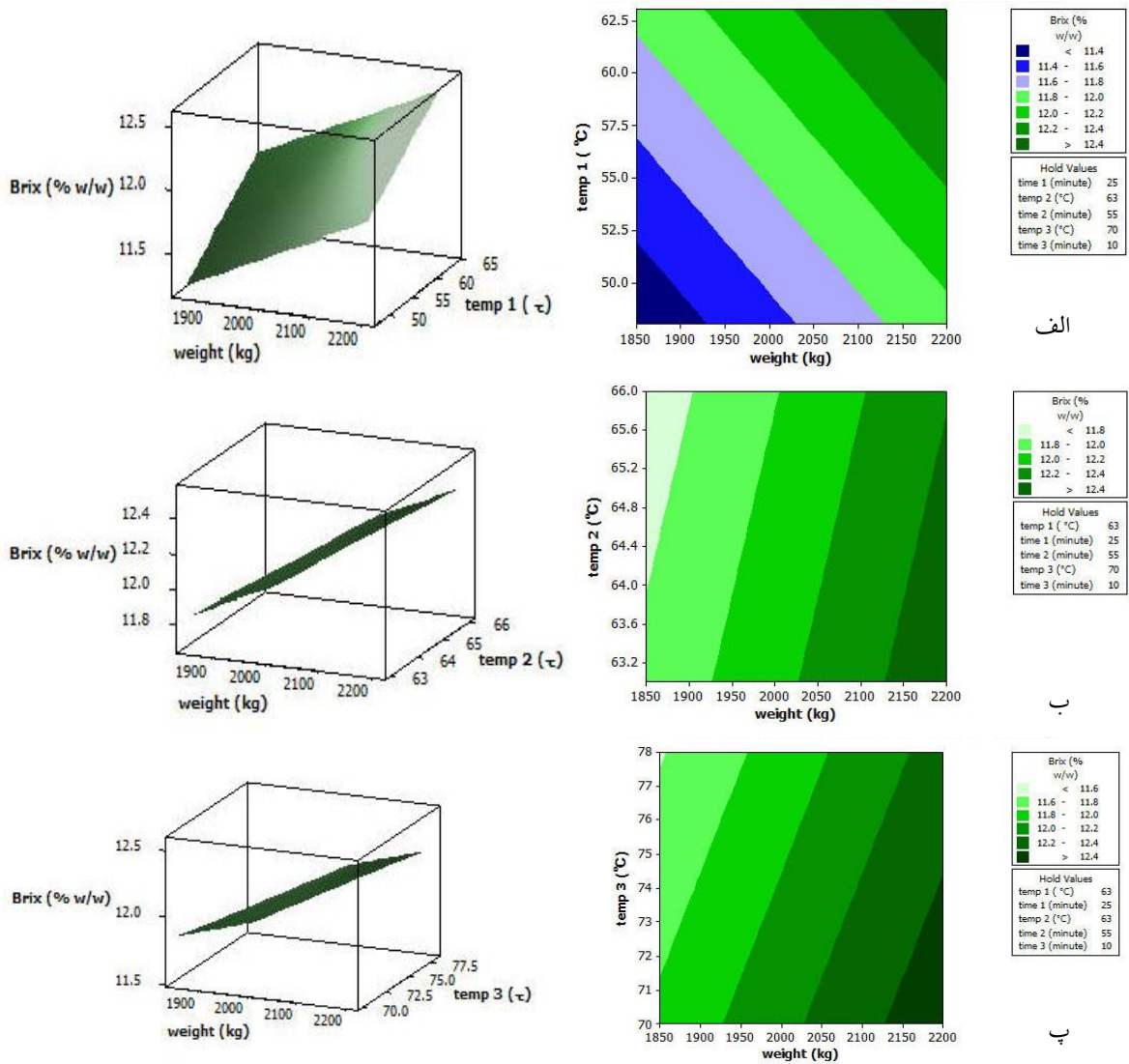
³ Jones

جدول ۲- نتایج حاصل از عصاره گیری تیمارهای مالت ایرانی شرکت بهنوش^۱

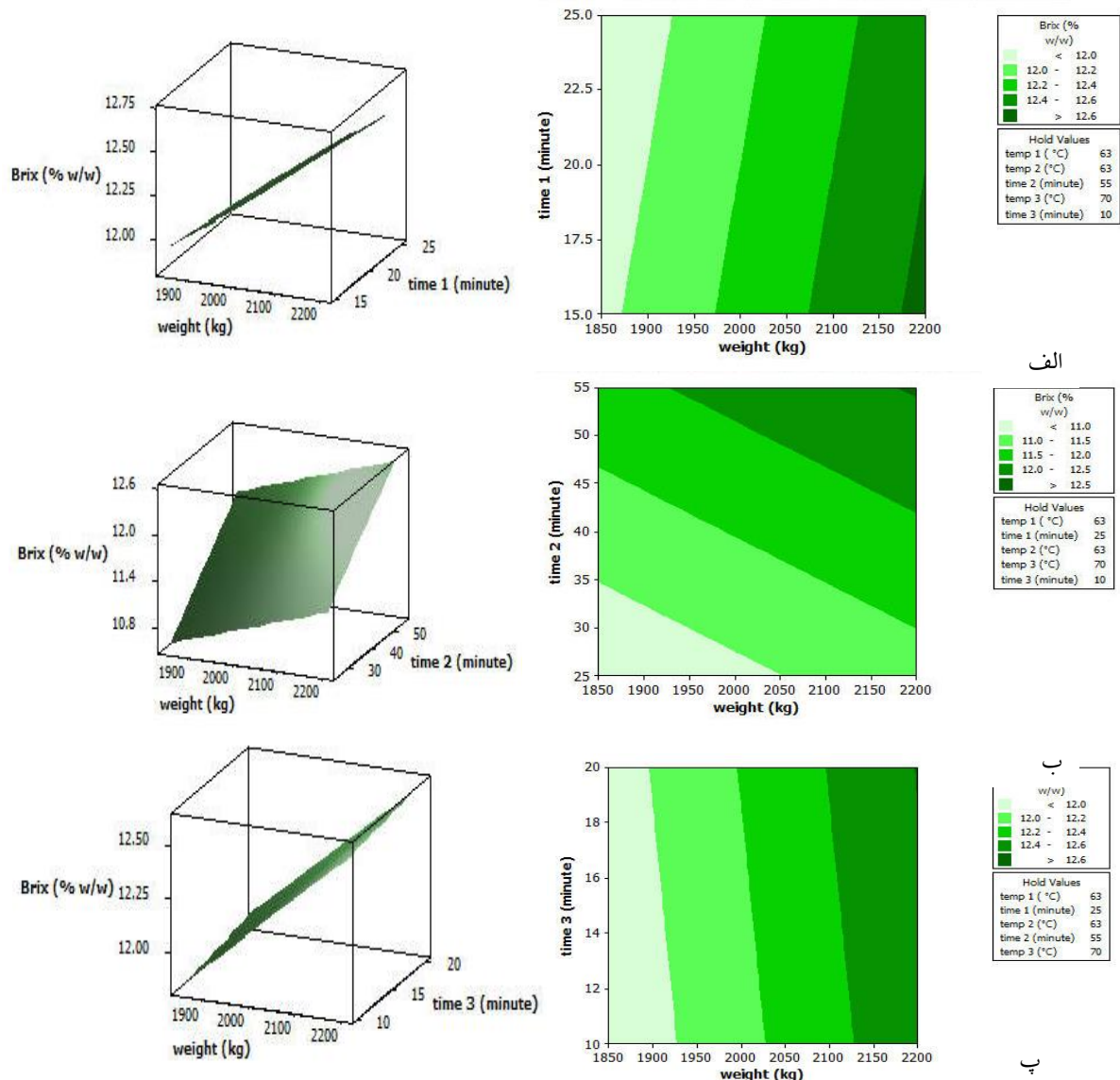
شماره آزمون	وزن مالت	دمای فاز ۱	زمان فاز ۱	دمای فاز ۲	زمان فاز ۲	دمای فاز ۳	زمان فاز ۳	بریکس عصاره (% w/w)	pH عصاره	زمان جداسازی تفاله (دقیقه)
۱	۱۸۵۰	۶۳	۲۵	۶۶	۲۵	۷۸	۱۰	۱۰/۰۰±۰/۰۲ ^a	۵/۲۷±۰/۰۲ ^{cd}	۲۴۸/۳۳±۷/۶۴ ^h
۲	۲۲۰۰	۴۸	۲۵	۶۳	۲۵	۷۸	۱۰	۱۰/۴۶±۰/۰۵ ^b	۴/۹۰±۰/۰۹ ^a	۱۵۵/۰۰±۵/۰۰ ^a
۳	۱۸۵۰	۴۸	۲۵	۶۳	۵۵	۷۸	۲۰	۱۱/۲۶±۰/۱۱ ^d	۵/۳۸±۰/۱۰ ^{de}	۲۳۰/۰۰±۵/۰۰ ^g
۴	۱۸۵۰	۴۸	۱۵	۶۶	۲۵	۷۸	۲۰	۱۰/۳۳±۰/۱۵ ^b	۵/۵۵±۰/۰۵ ^{fg}	۲۳۳/۰۰±۵/۱۷ ^g
۵	۲۲۰۰	۴۸	۱۵	۶۶	۵۵	۷۸	۱۰	۱۱/۴۶±۰/۰۵ ^{de}	۵/۴۰±۰/۰۵ ^{de}	۲۸۵/۰۰±۵/۰۰ ^j
۶	۲۲۰۰	۶۳	۲۵	۶۶	۵۵	۷۸	۲۰	۱۲/۳۶±۰/۳۲ ^g	۵/۱۳±۰/۱۴ ^b	۳۳۶/۶۷±۷/۶۴ ^k
۷	۱۸۵۰	۶۳	۲۵	۶۳	۲۵	۷۰	۲۰	۱۰/۷۶±۰/۱۵ ^c	۵/۶۶±۰/۰۱ ^{gh}	۲۰۶/۶۷±۷/۶۳ ^{cde}
۸	۱۸۵۰	۶۳	۱۵	۶۳	۵۵	۷۸	۱۰	۱۱/۸۳±۰/۰۵ ^f	۴/۸۶±۰/۰۵ ^a	۲۱۶/۶۷±۷/۶۴ ^{ef}
۹	۲۲۰۰	۶۳	۲۵	۶۳	۵۵	۷۰	۱۰	۱۲/۸۶±۰/۰۵ ^h	۵/۲۵±۰/۰۲ ^{bc}	۲۰۱/۶۷±۲/۸۹ ^c
۱۰	۱۸۵۰	۶۳	۱۵	۶۶	۵۵	۷۰	۲۰	۱۱/۶۳±۰/۱۵ ^{ef}	۵/۴۰±۰/۰۹ ^{de}	۲۲۵/۳۳±۵/۰۰ ^{fg}
۱۱	۲۲۰۰	۴۸	۲۵	۶۶	۲۵	۷۰	۲۰	۱۰/۴۶±۰/۰۲۵ ^b	۴/۹۶±۰/۰۴ ^a	۲۱۵/۰۰±۵/۰۰ ^{def}
۱۲	۲۲۰۰	۶۳	۱۵	۶۳	۲۵	۷۸	۲۰	۱۰/۴۰±۰/۰۲ ^b	۵/۳۲±۰/۱۷ ^{cd}	۲۲۳/۳۳±۷/۶۴ ^{fg}
۱۳	۲۲۰۰	۴۸	۱۵	۶۳	۵۵	۷۰	۲۰	۱۲/۲۰±۰/۰۲ ^g	۵/۵۱±۰/۰۱ ^{cef}	۲۵۳/۶۷±۳/۲۱ ^h
۱۴	۱۸۵۰	۴۸	۱۵	۶۳	۲۵	۷۰	۱۰	۱۰/۰۰±۰/۰۲ ^a	۵/۵۲±۰/۰۱ ^{ef}	۱۸۸/۳۳±۱۰/۴۱ ^b
۱۵	۱۸۵۰	۴۸	۲۵	۶۶	۵۵	۷۰	۱۰	۱۰/۵۵±۰/۰۵ ^{bc}	۵/۶۹±۰/۰۴ ^h	۲۰۵/۰۰±۵/۱ ^{cd}
۱۶	۲۲۰۰	۶۳	۱۵	۶۶	۲۵	۷۰	۱۰	۱۱/۷۳±۰/۱۱ ^{ef}	۴/۸۵±۰/۰۵ ^a	۲۶۶/۶۷±۷/۶۴ ⁱ

۱- کلیه آزمون ها در ۳ تکرار انجام شده و نتایج بصورت میانگین ± انحراف معیار می باشد.

۲- ^{a-k} میانگین هایی که در یک ستون با حروف کوچک متفاوت نشان داده شده اند، به طور معناداری با یکدیگر تفاوت دارند (P ≤ ۰/۰۵).



شکل ۱- اثر متقابل وزن مالت (kg) و دمای سه مرحله (درجه سانتی گراد) بر میزان مواد جامد محلول عصاره (سمت راست نمودارهای اثر متقابل و سمت چپ نمودارهای سطحی)، الف) مرحله اول، ب) مرحله دوم، پ) مرحله سوم



شکل ۲- اثر متقابل وزن مالت (kg) و زمان سه مرحله (دقیقه) بر میزان مواد جامد محلول عصاره (سمت راست نمودارهای اثر متقابل و سمت چپ نمودارهای سطحی)، الف) مرحله اول، ب) مرحله دوم، پ) مرحله سوم

جدول ۳- اثر عوامل اصلی (وزن مالت، دمای مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، زمان مرحله اول حرارت دهی، زمان مرحله دوم حرارت دهی و زمان مرحله سوم) و ضریب اثر آنها بر میزان مواد جامد محلول عصاره مالت

P	T	انحراف معیار ضریب	ضریب	اثر	روابط
۰/۰۰۰	+۹۲/۹۸	۰/۱۲۰۴	+۱۱/۱۹۳۸	-	ثابت
۰/۰۱۸	+۲/۹۶	۰/۱۲۰۴	+۰/۳۵۶۲	+۰/۷۱۲۵	وزن مالت
۰/۰۱۸	+۲/۹۶	۰/۱۲۰۴	+۰/۳۵۶۳	+۰/۷۱۲۵	دمای فاز ۱
۰/۹۶۰	-۰/۰۵	۰/۱۲۰۴	-۰/۰۰۶۳	-۰/۰۱۲۵	زمان فاز ۱
۰/۸۸۰	-۰/۱۶	۰/۱۲۰۴	-۰/۰۱۸۸	-۰/۰۳۷۵	دمای فاز ۲
۰/۰۰۱	+۴/۹۳	۰/۱۲۰۴	+۰/۵۹۳۸	+۱/۱۸۷۵	زمان فاز ۲
۰/۳۰۷	-۱/۰۹	۰/۱۲۰۴	-۰/۱۳۱۳	-۰/۲۶۲۵	دمای فاز ۳
۰/۷۲۶	+۰/۳۶	۰/۱۲۰۴	+۰/۰۴۳۸	+۰/۰۸۷۵	زمان فاز ۳

جدول ۴- اثر عوامل اصلی (وزن مالت، دمای مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، زمان مرحله اول حرارت دهی، زمان مرحله دوم

حرارت دهی و زمان مرحله سوم) و ضریب اثر آنها بر تغییرات pH

P	T	انحراف معیار ضریب	ضریب	اثر	روابط
۰/۰۰۰	+۷۴/۸۹	۰/۰۷۰۴۲	+۵/۲۷۳۸	-	ثابت
۰/۱۱۴	-۱/۷۸	۰/۰۷۰۴۲	-۰/۱۲۵۰	-۰/۲۵۰۰	وزن
۰/۳۴۱	-۱/۰۱	۰/۰۷۰۴۲	-۰/۰۷۱۲	-۰/۱۴۲۵	دمای فاز ۱
۰/۷۸۴	+۰/۲۸	۰/۰۷۰۴۲	+۰/۰۲۰۰	+۰/۰۴۰۰	زمان فاز ۱
۰/۹۵۹	+۰/۰۵	۰/۰۷۰۴۲	+۰/۰۰۳۷	+۰/۰۰۷۵	دمای فاز ۲
۰/۴۶۷	+۰/۷۶	۰/۰۷۰۴۲	+۰/۰۵۳۸	+۰/۱۰۷۵	زمان فاز ۲
۰/۳۳۳	-۱/۰۳	۰/۰۷۰۴۲	-۰/۰۷۲۵	-۰/۱۴۵۰	دمای فاز ۳
۰/۴۲۸	+۰/۸۳	۰/۰۷۰۴۲	+۰/۰۵۸۷	+۰/۱۱۷۵	زمان فاز ۳

با توجه به نتایج جدول ۵ علامت ضریب تاثیر فاکتورهای وزن، دمای فاز ۱، دما و زمان فاز ۲ و ۳ مثبت بود، بنابراین افزایش آنها می تواند باعث افزایش زمان جداسازی تفاله های تیمارهای ایرانی شود و فقط افزایش فاکتور زمان فاز ۱ با علامت ضریب تاثیر منفی باعث کاهش زمان جداسازی تفاله تیمارهای ایرانی شد.

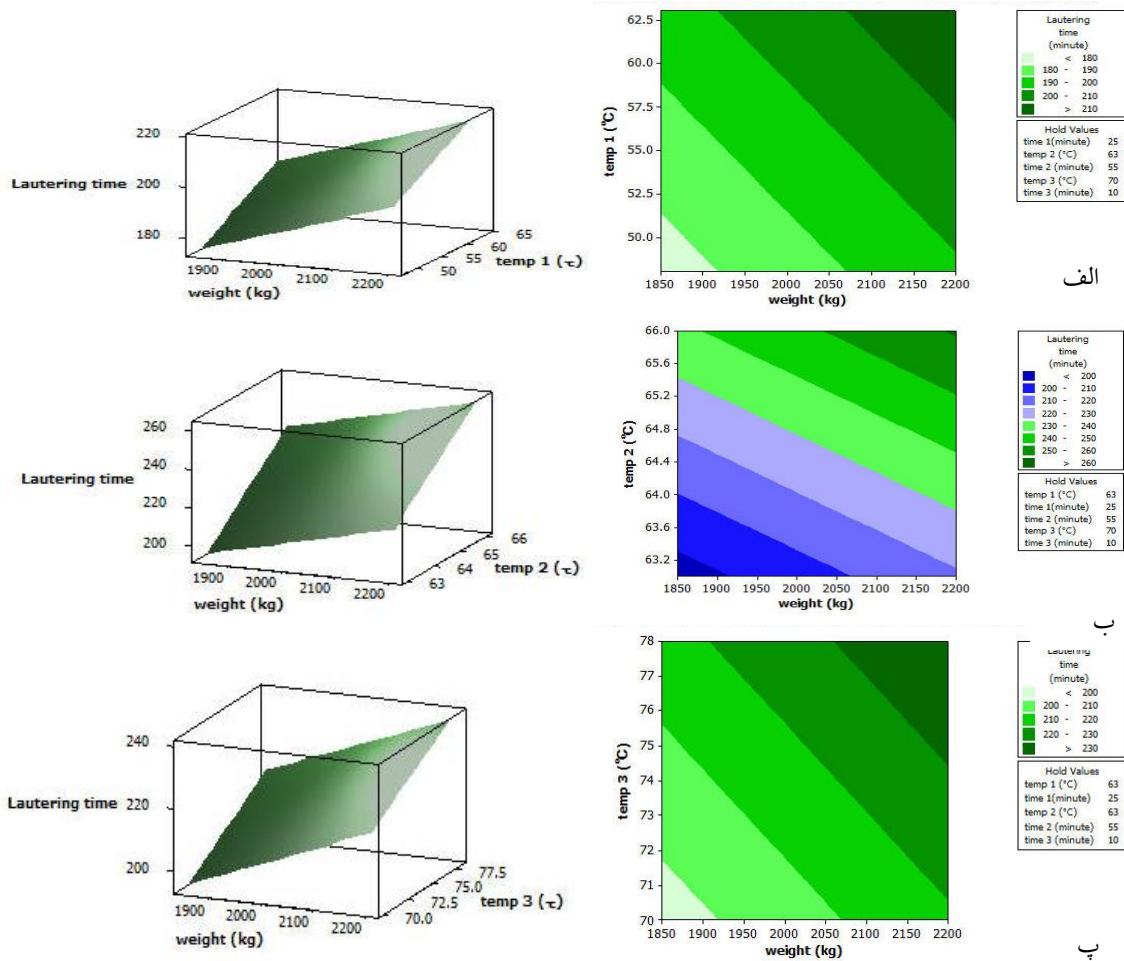
۳-۴- بهینه سازی چندگانه عصاره گیری از مالت ایرانی

در شکل ۵ بهینه سازی چندگانه شرایط عصاره گیری نشان داده شده است. مطابق با نتایج ذکر شده در شکل ۵ پیش بینی می شود که بهترین شرایط برای رسیدن به مطلوبترین زمان جداسازی تفاله، با ۱۰۰ درصد مطلوبیت و بهترین شرایط برای رسیدن به مطلوبترین میزان مواد جامد محلول، با ۸۴ درصد مطلوبیت به قرار زیر است: وزن مالت ۲۲۰۰ کیلوگرم، دمای مرحله اول ۶۳ درجه سانتی گراد، زمان مرحله اول ۱۵ دقیقه، دمای مرحله دوم ۶۳ درجه سانتی گراد، زمان مرحله دوم ۵۵ دقیقه، دمای مرحله سوم ۷۰ درجه سانتی گراد، زمان مرحله سوم ۲۰ دقیقه، لذا با اعمال شرایط فوق الذکر به ۹۱ درصد مطلوبیت کلی دست پیدا کردیم.

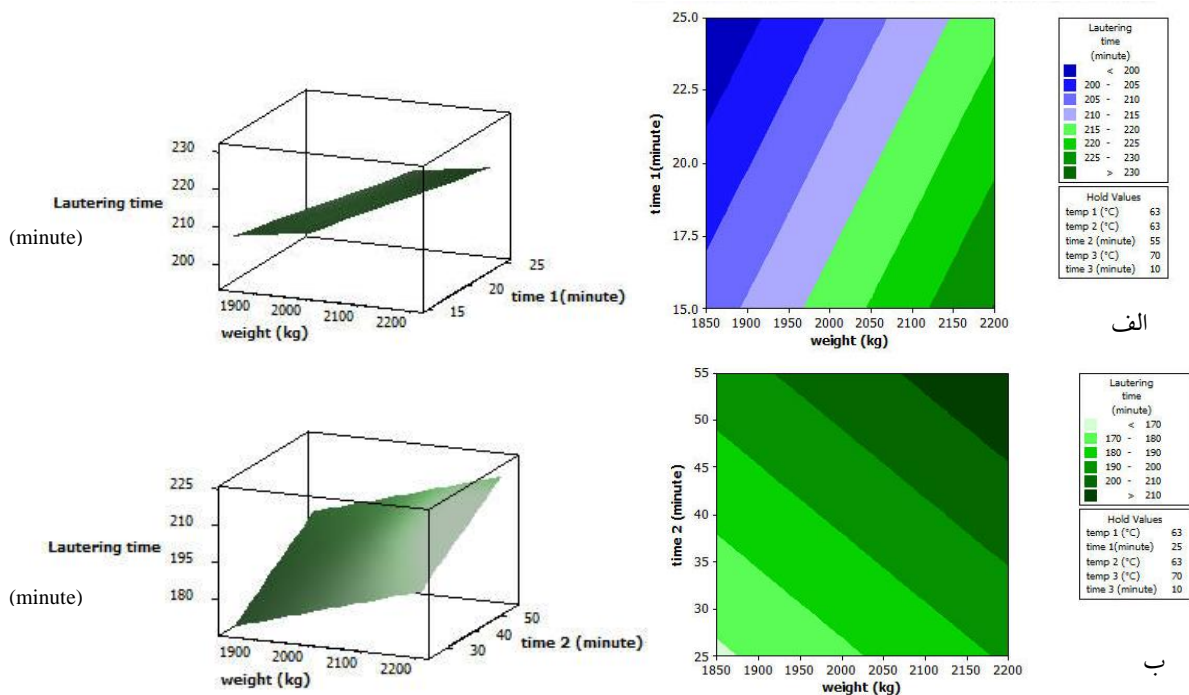
۳-۳ نتایج زمان جداسازی تفاله مالت تیمارهای مالت ایرانی

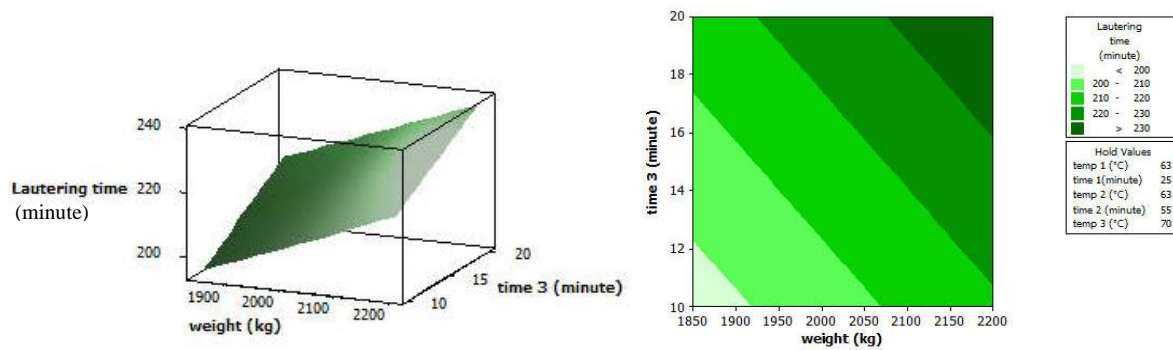
نتایج جدول ۲ نشان داد که در نتیجه افزایش توام وزن مالت و دمای سه مرحله عصاره گیری و یا در نتیجه افزایش توام وزن مالت و زمان حرارت دادن در هر سه مرحله، زمان جداسازی تفاله نیز افزایش می یابد. عثمان^۱ و همکارانش ۲۰۰۲ اظهار کردند دمای بهینه برای فعالیت آندوپروتئازها ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد است (۱۸) و نتیجه مطالعات جونز ۲۰۰۵ نیز نشان داد تمامی پروتئازها در طول مدت ۵۸ دقیقه حرارت دادن در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد فعال باقی می ماند (۱۲)، بنابراین به نظر می رسد نامطلوب بودن روند جداسازی تفاله در تیمارهایی که در فاز اول دمای ۴۸ درجه سانتی گراد بر آنها اعمال شده به دلیل فعال بودن آندوپروتئازها در مرحله اول باشد. شکل ۳ و ۴ اثرات سطحی و متقابل وزن مالت و دمای سه مرحله عصاره گیری را بر زمان جداسازی تفاله تیمارهای ایرانی نشان می دهد. جدول ۵ نیز اثر عوامل اصلی و ضریب تاثیر آنها را بر زمان جداسازی تفاله در تیمارهای مذکور نشان می دهد. مطابق با نتایج اثر افزایش دمای مرحله دوم بر افزایش زمان جداسازی تفاله معنی دار ($p < 0/05$) ($p \text{ value} = 0/032$) بود و سایر فاکتورها اثر معنی داری ($p > 0/05$) بر روی زمان جداسازی تفاله نداشتند. بر اساس مطالعات جین و همکاران، (۲۰۱۳) شوک حرارتی بالا به پروتئین یکی از عوامل افزایش زمان جداسازی تفاله و کاهش قابلیت فیلترپذیری آن است که با نتیجه این پژوهش در خصوص اثر درجه حرارت بر قابلیت فیلترپذیری منطبق بود (۱۵).

¹ Osman



شکل ۳- نمودارهای سطحی اثر متقابل وزن مالت (kg) و دمای سه مرحله (درجه سانتی‌گراد) بر زمان جداسازی تفاله مالت ایرانی (سمت راست نمودارهای اثر متقابل و سمت چپ نمودارهای سطحی)، الف) مرحله اول، ب) مرحله دوم، پ) مرحله سوم



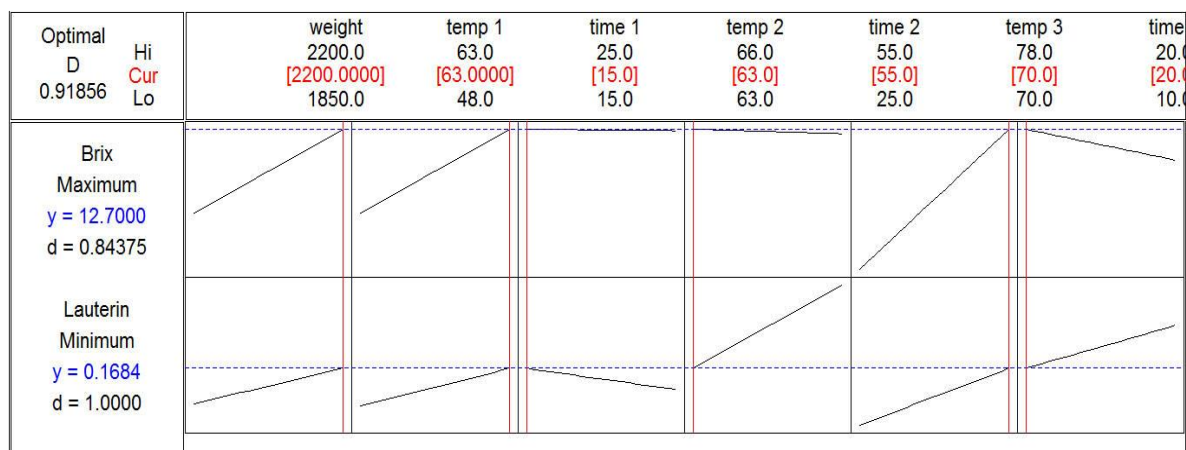


ب

شکل ۴- نمودارهای سطحی اثر متقابل وزن مالت (kg) و زمان سه مرحله (دقیقه) بر زمان جداسازی تفاله مالت ایرانی (سمت راست نمودارهای اثر متقابل و سمت چپ نمودارهای سطحی)، الف) مرحله اول، ب) مرحله دوم، پ) مرحله سوم

جدول ۵- اثر عوامل اصلی (وزن مالت، دمای مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، زمان مرحله اول حرارت دهی، زمان مرحله دوم حرارت دهی و زمان مرحله سوم) و ضریب تاثیر آنها بر زمان جداسازی تفاله مالت

روابط	اثر	ضریب	انحراف معیار ضریب	T	P
ثابت	-	+۰/۱۵۸۸۵۴	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۲۷/۱۷	۰/۰۰۰
وزن مالت	+۰/۰۱۳۰۲۱	+۰/۰۰۶۵۱۰	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۱/۱۱	۰/۲۹۸
دمای فاز ۱	+۰/۰۱۳۸۸۹	+۰/۰۰۶۹۴۴	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۱/۱۹	۰/۲۶۹
زمان فاز ۱	-۰/۰۰۷۸۱۲	-۰/۰۰۳۹۰۶	+۰/۰۰۵۸۴۷	-۰/۶۷	۰/۵۲۳
دمای فاز ۲	+۰/۰۳۰۳۸۲	+۰/۰۱۵۱۹۱	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۲/۶۰	۰/۰۳۲
زمان فاز ۲	+۰/۰۲۰۸۳۳	+۰/۰۱۰۴۱۷	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۱/۷۸	۰/۱۱۳
دمای فاز ۳	+۰/۰۱۵۶۲۵	+۰/۰۰۷۸۱۳	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۱/۳۴	۰/۲۱۸
زمان فاز ۳	+۰/۰۰۹۵۴۹	+۰/۰۰۴۷۷۴	+۰/۰۰۵۸۴۷	+۰/۸۲	۰/۴۳۸



شکل ۵- نمودار بهترین شرایط برای عصاره گیری

۴- نتیجه گیری کلی

فرایند عصاره گیری گرم درجه حرارت تعادلی بین درجه حرارت مورد نیاز برای ژلاتیناسیون نشاسته و فعالیت هیدولیزی آنزیمها از یک سو و درجه حرارت بروز شوک حرارتی به پروتئینها و افزایش زمان جداسازی تفاله و نیز غیرفعال شدن حرارتی آنزیمها

با توجه به اهمیت ژلاتیناسیون نشاسته در تسهیل فعالیت آنزیمی از یک سو و اثر شوک حرارتی وارد شده به پروتئینها بر افزایش زمان جداسازی تفاله و آبدار شدن آن از سوی دیگر، در واقع

chemical characterization of brew during the brewing Corn Malt in the Production of maize Beer in Congo. Food Science and Technology, 5(6): 671-677.

10-Food and Agriculture Organization of United Nations. a. 2012. <http://faostat3.fao.Org>.

11-Gupta, M., Abu-Ghannam, N and Gallagher, E. 2010. Barley for brewing: Characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-Products. Institute of Food Technologists, 9: 318-328.

12-Jones, B. L. 2005. Endoproteases of barley malt. Journal of Cereal Science, 42: 139-156.

13-Howard, K.A., Gayler, K.R., Eagles, H.A and Halloran, G.M. 1996. The relationship between D Hordein and malting quality in barley. Cereal Science, 24: 47-53.

14-Lewis, M.J and Young, T. W. 2001. Brewing. Aspen publishers.Inc, 2: 384.

15- Jin, Z., Li, X. M., Gao, F., Sun, J.Y., Mu, Y.W and Lu, J. 2013. Proteomic analysis of differences in barley (*Hordeum vulgare*) malts with distinct filterability by DIGE. Journal of Proteomics, 93: 93-106.

16-Macgregor, M., Bazin, S.L and Izydocyk, M.S. 2002. Gelatinisation characteristics and enzyme susceptibility of different type of barley starch in temperature range 48-72 °C. Jurnal of the institute of brewing, 108: 43-47.

17-Montanari, L., Floridi, S., Marconi, O., Tironzelli, M and Fantozzi, P. 2005. Effect of mashing procedures on brewing. European Food Research and Technology, 221: 175-179.

18-Osman, A.M., Coverdale, S.M., Cole, N., Hamilton, S.E., Dejersey, J and Inkerman, P.A. 2002. Characterisation and assessment of the role of barley malt endoproteases during malting and mashing. Journal of Institute of Brewing, 108: 62-67.

19- Li, Y., Schwarz, P.B., Barr, J.M and Horsley, R.D. 2008. Factors predicting malt extract within a single barley cultivar. Journal of cereal science, 48(2): 531-538.

20-Sim, G.B and Berry, D. R. 1996. Malted barley enzyme activity under optimum and process condition from the scotch malt whisky industry. Journal of Enzyme and Microbial Technology, 19(1): 26-31.

از سوی دیگر است، بنابراین با توجه به اینکه میزان ترکیبات مختلف مالت در بین واریته‌های مختلف و حتی در میان دو نمونه از واریته هوردنوم ولگار که در شرایط مختلف اقلیمی و کشاورزی کشت شده‌اند متفاوت است در این پژوهش با استفاده از روش عصاره‌گیری با برنامه‌ریزی حرارتی برحسب خصوصیات مالت ایرانی، دماها و زمان‌های مناسب انتخاب شد و حداکثر میزان استحصال مواد جامد محلول با کمترین اثر منفی بر زمان جداسازی تفاله حاصل گردید. در پژوهش حاضر با توجه به خصوصیات مالت مورد آزمون استفاده از مالت ایرانی به وزن ۲۲۰۰ کیلوگرم، دمای ۶۳ سانتی‌گراد برای مدت زمان ۲۵ دقیقه به عنوان مرحله اول، دمای ۶۳ سانتی‌گراد برای مدت زمان ۵۵ دقیقه به عنوان مرحله دوم، دمای ۷۰ سانتی‌گراد برای مدت زمان ۱۰ دقیقه به عنوان مرحله سوم موجب بهینه‌سازی عصاره‌گیری گرم با برنامه ریزی حرارتی شد.

۵- منابع

- ۱- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۶۶. روش اندازه‌گیری پروتئین خام غلات و فرآورده‌های آن، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۶۳.
- ۲- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۹. عصاره مالت-ویژگیها و روش های آزمون، شماره ۳۷۹۸.
- ۳- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۷. غلات، حبوبات و فرآورده های جانبی-اندازه گیری خاکستر در کوره، شماره ۲۷۰۶.
- ۴- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۱. غلات و حبوبات-تعیین جرم ۱۰۰۰ دانه، شماره ۷۶۲۹.
- ۵- فیضی پور نامقی، ا. و حسینی قابوس، ح. ۱۳۸۹. مالت و ماء‌الشعیر، علم کشاورزی ایران، ۲۰۸-۱۳.
- ۶- مقصود لو، ی.، کشیری، م. و، آقاجانی، ن. و گرمه خانی، ا. ۱۳۸۹. مالت، انتشارات مهر مهدیس، ۱۳۸-۱.
- 7- Buckee, G. K. and Hargitt, R. 1998. Measurement of carbohydrates in wort and beer- a review. The Institute of Brewing (JIB), 84: 13-21.
- 8-Briggs, D. E and Wadeson, A. 1986. The use of extruded barley, wheat and maize as adjuncts in mashing. The Institute of Brewing (JIB), 92: 468-474.
- 9-Diakabana, P., Mvoula-Tsieri, M., Dhellot, J., Kobawila, S.C and Louembe, D. 2013. Physico-