Archive of SID

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

محمد طاهری[1]، لیلا ناطقی[2*]، علیرضا ملکی کهکی[3]، انوشه رحمانی[4]، فرهنگ سلیمانی[5]

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

[2] استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین،ایران

[3] گروه علوم وصنایع غذایی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران

[4] عضو هیئت علمی پژوهشگاه استاندارد،تهران،ایران

[5] 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 هوردئوم 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 فراکشنال فاکتوریل[1] 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 درکلیه تیمارهای مورد آزمون در اثر افزایش دمای مرحله اول و دمای مرحله سوم به شکل معنی‌داری کاهش یافت اما افزایش دمای مرحله دوم تقریبا 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 سانتی گراد در زمان ۵۵ دقیقه، دمای مرحله سوم ۷۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ۱۰ دقیقه باشد. با اعمال شرایط فوق الذکر به شکل معنی‌داری میزان مواد جامد محلول افزایش پیدا کرد و زمان جداسازی تفاله به طور قابل‌توجهی کاهش یافت.

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

* مسوول مکاتبات:leylanateghi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

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 معمولا از گونه هوردئوم 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 ۱۵۳۸۸۷۰۴ 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 هوردئوم 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 هوردئوم ولگار که در شرایط مختلف اقلیمی و کشاورزی کشت شده‌اند متفاوت است و میزان بالای پروتئین سبب کاهش میزان عصاره‌گیری می‌شود (۱۳). به‌علت اینکه کیفیت ماءالشعیر وابستگی مستقیم به مالت تولید شده از جو و نهایتا 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. ۹۲-۹۰ درصد ترکیبات عصاره، کربوهیدرات‌های محلول استحصال شده است (۷،۱۹ ،۶). آنزیم‌های موثر در هیدرولیز این مواد شامل آمیلازها، پروتئازها، پپتیدازها، ترانس‌گلوکوزیدازها 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 حررات 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[1] 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[2] 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 پروتئازهای را طی فرایند عصاره‌گیری گرم مورد بررسی قرار داد و اعلام کرد تمامی پروتئازها 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 هووارد[3] و همکارانش با تحقیق بر روی اثر میزان پروتئن مالت جو هوردئوم ولگار بر عصاره‌گیری از آن اعلام کردند که میزان بالای پروتئین سبب کاهش میزان عصاره‌گیری شده و پروتیئن کل تاثیر منفی بر روی عصاره‌گیری دارد(۱۳). جین[4] 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، گرانروی و سرعت جداسازی تفاله را افزایش می‌دهد، آنها مهمترین تفاوت قابل ذکر ارقام مورد مطالعه را

[1] Briggs and Wadeson
[2] Jones
[3] Howard
[4] Jin

www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت در میزان پروتئین‌های بتا-آمیلاز و سرپین اعلام کردند که قابلیت فیلترپذیری را تحت تاثیر قرار می‌دهد و با افزودن بتا آمیلاز اقدام به اصلاح زمان جداسازی تفاله نمودند(۱۵). در پژوهش‌های پیشین محدوده‌های دمایی مختلفی به عنوان دامنه دمای بهینه فعالیت آنزیم‌های موثر در فرایند عصاره‌گیری ذکر شده است به طوری کوچکترین عدد عنوان شده در تعریف کران پایین دامنه دمایی بهینه بتاآمیلاز ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بزرگترین عدد ذکر شده در تعریف کران بالای دامنه حرارتی بهینه آن ۶۲/۵ درجه سانتی‌گراد 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 سانتی‌گراد ذکر است(۱۷ ،۶). با توجه به اعمال تحریم‌ها و عدم امکان واردات مالت از شرکت هلند مالت و اجبار کارخانه به استفاده از مالت تولید شده از جو هوردئوم ولگار کشت شده در ایران که منجر به کاهش میزان استحصال مواد جامد محلول در فرایند غیر مداوم شده بود و به‌دلیل افزایش زیاد زمان جداسازی تفاله (تفاله حاصل از عصاره‌گیری مالت ایرانی تحت شرایط اعمال شده در خصوص مالت هلندی تشکیل یک توده له شده، نفوذ ناپذیر و آبدار را می‌داد) امکان افزایش وزن مالت وارده به دستگاه عصاره‌گیری 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 عصاره‌گیری گرم از مالت را مورد توجه و بررسی قرار دهد و نیز با توجه به عدم اتفاق نظر پژوهش‌های پیش در بیان دما و زمان حرات‌دهی بهینه و تعداد مراحل عصاره‌گیری گرم با برنامه ریزی حرارتی، در این پژوهش پس از ارزیابی میزان تولید مواد جامد محلول از فرایند عصاره‌گیری گرم مالت هلندی که میزان آن مطلوب کارخانه بهنوش ستاره است، عصاره‌گیری گرم از مالت تولید ایران با واریته‌ی هوردئوم ولگار در مقیاس صنعتی بر اساس روش برنامه‌ریزی حرارتی انجام می‌شود 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 حرارت‌دهی، زمان مرحله دوم حرارت‌دهی و زمان مرحله سوم حرادت‌دهی تاثیر آنها در میزان استحصال مواد جامد محلول مورد بررسی قرار گرفت و بهینه‌سازی فرایند با توجه به خصوصیات مالت انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ مواد

در این تحقیق از مالت شرکت هلند مالت با (درصد وزنی/وزنی) ۰/۰۵±۹/۵ پروتئین، (درصد وزنی/وزنی) ۰/۰۱±۰۲۲/ ۲ خاکستر و وزن هزار دانه ۰/۰۰۵±۴۴/۰۰۳ گرم برای عصاره‌گیری به عنوان تیمار کنترل استفاده شد. همچنین از مالت تولید شده شرکت بهنوش از گونه هوردئوم ولگار با (درصد وزنی/وزنی) ۰/۱۵۳±۱۱/۰۸ پروتئین، (درصد وزنی/وزنی) ۰/۰۱±۲/۲۵ خاکستر و وزن هزار دانه ۰/۰۱±۳۸/۹۹۷ گرم برای عصاره‌گیری 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 روش‌ها

۲-۲-۱ مرحله اول: عصاره‌گیری 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، عصاره‌گیری گرم از مالت تولید شده توسط شرکت هلند مالت طبق شرایط سابق مورد استفاده در کارخانه به روش برنامه‌ریزی حرارتی با وارد کردن ۱۸۵۰ کیلوگرم مالت به دستگاه فرایند (دستگاه Steinecker ساخت کشور آلمان) و اعمال دمای ۶۰ سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در مرحله اول، دمای ۶۵ سانتی‌گراد به مدت ۵۵ دقیقه در مرحله دوم و دمای ۷۸ سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در مرحله سوم انجام شد(۶). دما در طول مرحله اول، مرحله دوم و مرحله سوم حرارت‌دهی طی عصاره‌گیری به طور مستمر توسط ترمومتر دستگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۹). مطابق با نتایج میزان استحصال مواد جامد محلول، زمان جداسازی تفاله و pH عصاره مالت هلندی به ترتیب۰/۰۵±۱۳/۸۶ درصد وزنی/وزنی،۷/۶۴±۱۷۳/۳۳ دقیقه و ۰/۰۵±۵/۶۵ 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 عصاره‌گیری از مالت ایرانی با واریته هوردئوم ولگار به این صورت تعیین شد که 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

www.SID.ir

Archive of SID

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. 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 عصاره‌گیری 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.

جدول۱- مقادیر مختلف وزن، دما و زمان برای عصاره گیری سه مرحله‌ای از مالت ایرانی با واریته هوردئوم 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

۲-۲-۳ مرحله سوم: اندازه‌گیری متغییرهای وابسته

دما در مراحل مختلف عصاره‌گیری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و پس از اتمام عصاره‌گیری از تیمارها ابتدا با استفاده از محلول ید رقیق N ۰/۰۵ از هیدولیز کامل نشاسته در طی عصاره‌گیری 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 اندازه‌گیری قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ نتایج تغییرات میزان مواد جامد محلول (Brix) حاصل از عصاره‌گیری 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 می‌شود 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 مونتنری[1] و همکارانش ۲۰۰۵ دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد ذکر کرده‌اند و حداقل دمای ممکن برای فعالیت آن

[1] Montanari

www.SID.ir

Archive of SID

را سیم و بری[1] ۱۹۹۶ دمای ۶۳ درجه سانتی‌گراد ذکر کرده‌اند(۲۰، ۱۷). در خصوص بتا آمیلاز نیز حداکثر دمای گزارش شده ۶۵ درجه سانتی‌گراد است که مونتری همکارانش ۲۰۰۵ گزارش کرده‌اند و حداقل دمای ذکر شده برای آن ۲۰ درجه سانتی‌گراد است که مقصود لو و همکارن ۱۳۸۹ به آن اشاره کرده‌اند(۱۷، ۶). اما مک‌گرگور[2] 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 سانتی‌گراد ذکر کرده‌اند(۲۰، ۱۶). از آنجایی که اعمال بهینه دمایی هر آنزیم امکان پذیر نیست بنابراین دما بهنیه برای حداکثر حلالیت نشاسته اعمال می‌شود(۲۰). دمای بهینه برای ژلاتیه شدن نشاسته جو ۶۳ درجه سانتی‌گراد است(۲۰، ۶). به نظر می‌رسد 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 می‌رسد این نتایج این دو تیمار با نتایج مطالعات جونز[3] ۲۰۰۵ که بیان کرده است تمامی پروتئازها در طول مدت ۵۸ دقیقه حرارت دادن در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد که مرحله پروتئین در روش عصاره‌گیری تجاری آمریکا نامیده می‌شود، فعال هستند و با طولانی‌تر کردن مرحله دمایی پروتئین می‌توان میزان پروتئین‌های محلول را افزایش داد ولی طولانی کردن زمان مرحله تبدیل قند تاثیری در افزایش آنها ندارد قابل توجیه 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 می‌گردد. 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 عصاره‌گیری 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 می‌دهد. مطابق با نتایج افزایش وزن مالت، دمای مرحله اول و زمان مرحله دوم بر میزان مواد جامد محلول عصاره معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) بوده است بطوریکه که p value آنها بترتیب ۰/۰۱۸، ۰/۰۱۸ و ۰/۰۰۱ گزارش شد. با توجه به اینکه میزان T valueدر 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 معنی‌دار ($p > ۰/۰۵$) نبود. از آنجاییکه علامت ضریب تاثیر فاکتورهای وزن، دمای فاز ۱، زمان فاز ۲ و زمان فاز ۳ مثبت است بنابراین افزایش آنها اثر معنی‌دار بر روی افزایش مواد جامد محلول دارند و افزایش فاکتورهای زمان فاز ۱، دمای فاز۲ و دمای فاز ۳ با علامت ضریب تاثیر، منفی باعث کاهش مواد جامد محلول می‌شوند.

۳-۲ نتایج تغییرات میزان pH تیمارهای مالت ایرانی

همانطور که در جدول۴ مشاهده می‌شود نتایج بررسی‌ها مشخص کرد که اثر هیچ یک از عوامل اصلی بر روی میزان pH عصاره معنی دار ($p > ۰/۰۵$) 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 معنی‌دار 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 یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت بطوریکه حداقل pH ثبت شده در این پژوهش ۴/۸ و حداکثر pH ثبت شده ۵/۷۳ بود.

[1] Sim and Berry
[2] Macgregor
[3] Jones

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج حاصل از عصاره‌گیری تیمارهای مالت ایرانی شرکت بهنوش[۱]

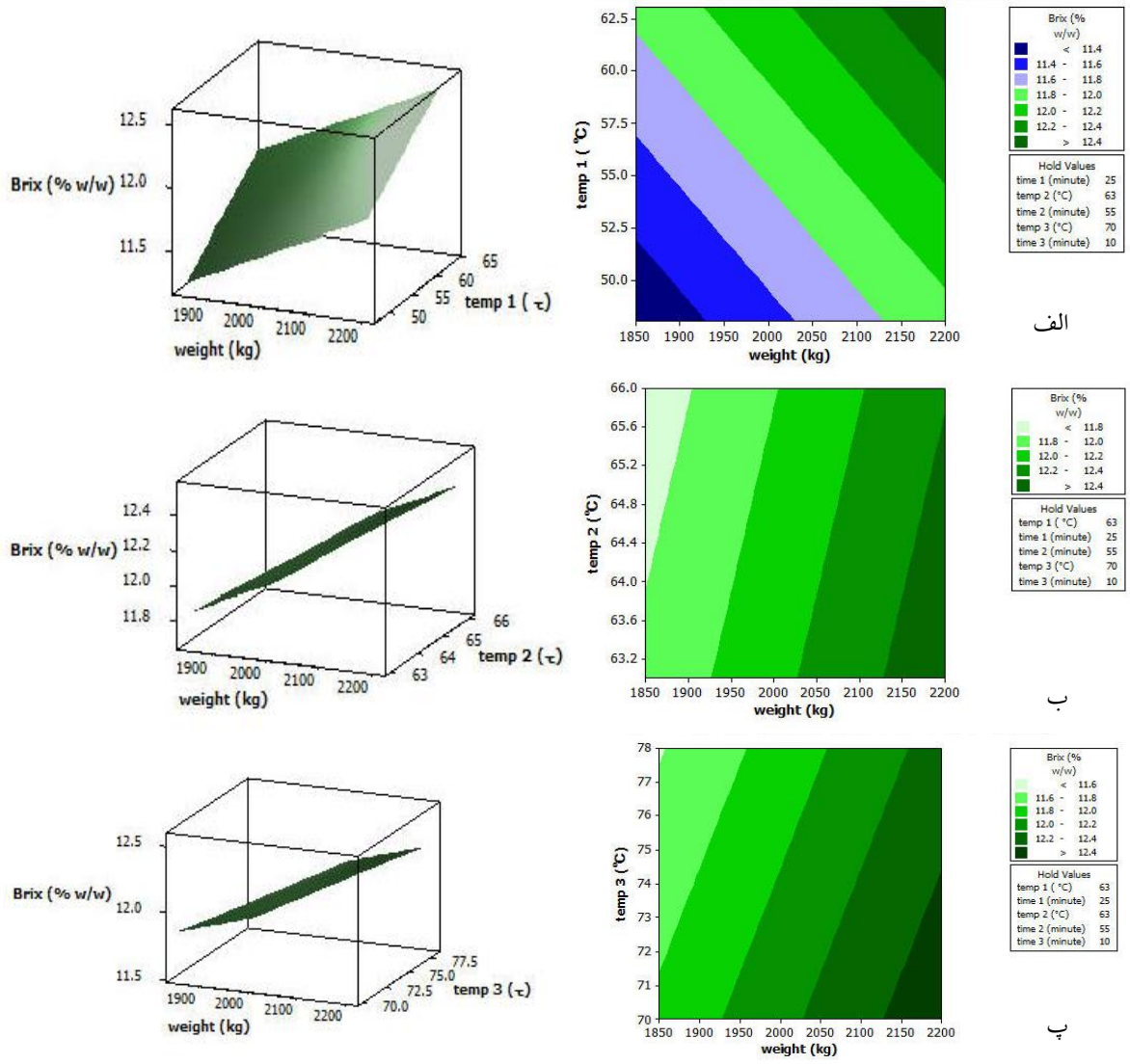
شماره آزمون	وزن مالت	دمای فاز ۱	زمان فاز ۱	دمای فاز ۲	زمان فاز ۲	دمای فاز ۳	زمان فاز ۳	بریکس عصاره (% w/w)	pH عصاره	زمان جداسازی تفاله (دقیقه)
۱	۱۸۵۰	۶۳	۲۵	۶۶	۲۵	۷۸	۱۰	۱۰/۰۰±۰/۲^{a}	۵/۲۷±۰/۰۲^{cd}	۲۴۸/۳۳±۷/۶۴^{h}
۲	۲۲۰۰	۴۸	۲۵	۶۳	۲۵	۷۸	۱۰	۱۰/۴۶±۰/۰۵^{b}	۴/۹۰±۰/۰۹^{a}	۱۵۵/۰۰±۵/۰۰^{a}
۳	۱۸۵۰	۴۸	۲۵	۵۵	۲۰	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±۵/۷۷^{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±۰/۲۵^{b}	۴/۹۶±۰/۰۴^{a}	۲۱۵/۰۰±۵/۰۰^{def}
۱۲	۲۲۰۰	۶۳	۱۵	۶۳	۲۵	۷۸	۲۰	۱۰/۴۰±۰/۲۰^{b}	۵/۳۲±۰/۱۷^{cd}	۲۲۳/۳۳±۷/۶۴^{fg}
۱۳	۲۲۰۰	۴۸	۱۵	۶۳	۵۵	۷۰	۲۰	۱۲/۲۰±۰/۲۰^{g}	۵/۵۱±۰/۰۱^{cef}	۲۵۳/۶۷±۳/۲۱^{h}
۱۴	۱۸۵۰	۴۸	۱۵	۶۳	۲۵	۷۰	۱۰	۱۰/۰۰±۰/۲۰^{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 می‌باشد.

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

www.SID.ir

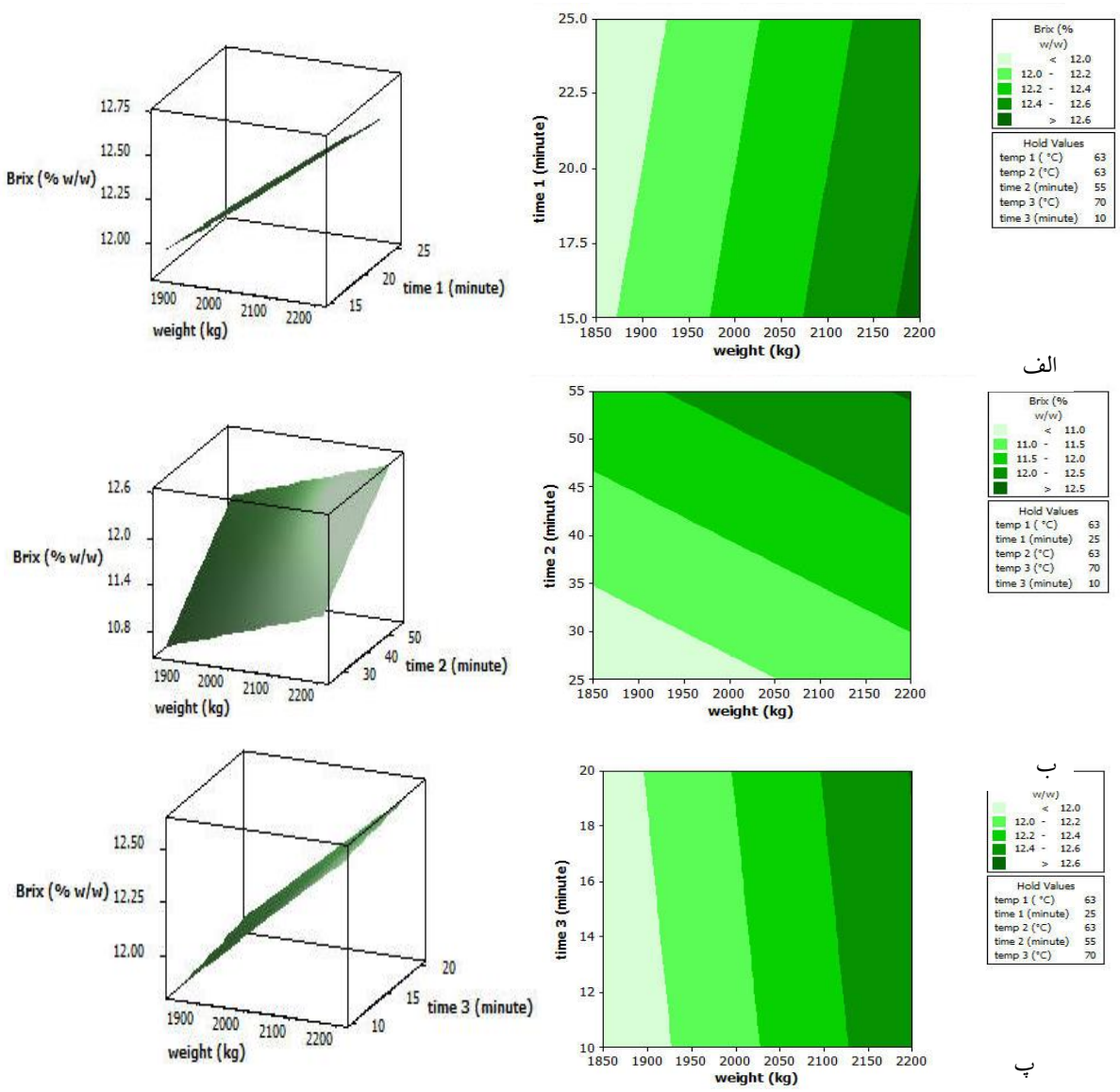
Archive of SID



شکل ۱- اثر متقابل وزن مالت(kg) و دمای سه مرحله(درجه سانتی‌گراد) 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

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- 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

جدول۳- اثر عوامل اصلی (وزن مالت، دمای مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، زمان مرحله اول حرارت‌دهی، زمان مرحله دوم حرارت‌دهی و زمان مرحله سوم) و ضریب اثر آنها بر میزان مواد جامد محلول عصاره مالت

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- اثر عوامل اصلی (وزن مالت، دمای مرحله اول، دمای مرحله دوم، دمای مرحله سوم، زمان مرحله اول حرارت‌دهی، زمان مرحله دوم حرارت‌دهی و زمان مرحله سوم) و ضریب اثر آنها بر تغییرات pH

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

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 عصاره‌گیری و یا در نتیجه افزایش توام وزن مالت و زمان حرارت دادن در هر سه مرحله، زمان جداسازی تفاله نیز افزایش می‌یابد. عثمان[1] و همکارنش ۲۰۰۲ اظهار کردند دمای بهینه برای فعالیت آندوپروتئازها ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد است (۱۸) و نتیجه مطالعات جونز ۲۰۰۵ نیز نشان داد تمامی پروتئازها در طول مدت ۵۸ دقیقه حرارت دادن در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد فعال باقی می‌مانند (۱۲)، بنابراین به نظر می‌رسد نامطلوب بودن روند جداسازی تفاله در تیمارهایی که در فاز اول دمای ۴۸ درجه سانتی‌گراد بر آنها اعمال شده به دلیل فعال بودن آندوپروتئازها در مرحله اول باشد. شکل۳ و ۴ اثرات سطحی و متقابل وزن مالت و دمای سه مرحله عصاره‌گیری را بر زمان جداسازی تفاله تیمارهای ایرانی نشان می‌دهد. جدول ۵ نیز اثر عوامل اصلی و ضریب تاثیر آنها را بر زمان جداسازی تفاله در تیمارهای مذکور نشان می‌دهد. مطابق با نتایج اثر افزایش دمای مرحله دوم بر افزایش زمان جداسازی تفاله معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) ($p\ value=0/032$) بود و سایر فاکتورها اثر معنی داری($۰/۰۵<$ p) 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).

با توجه به نتایج جدول ۵ علامت ضریب تاثیر فاکتورهای وزن، دمای فاز۱، دما و زمان فاز ۲ و ۳ مثبت بود، بنابراین افزایش آنها می‌تواند باعث افزایش زمان جداسازی تفاله‌های تیمارهای ایرانی شود و فقط افزایش فاکتور زمان فاز ۱ با علامت ضریب تاثیر منفی باعث کاهش زمان جداسازی تفاله تیمارهای ایرانی شد.

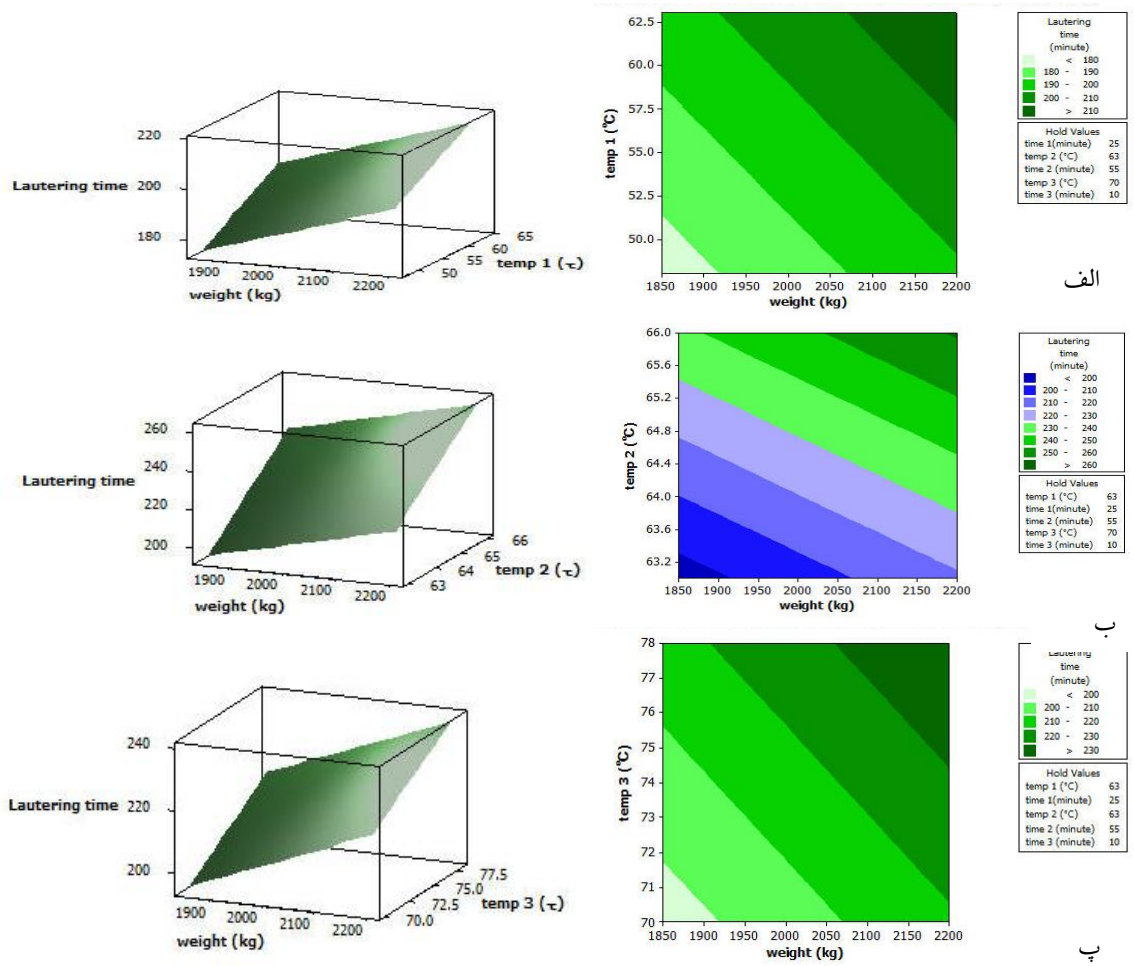
۳-۴- بهینه‌سازی چندگانه عصاره‌گیری از مالت ایرانی

در شکل ۵ بهینه سازی چندگانه شرایط عصاره‌گیری نشان داده شده است. مطابق با نتایج ذکر شده در شکل ۵ پیش‌بینی می‌شود 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 سانتی‌گراد، زمان مرحله اول ۱۵ دقیقه، دمای مرحله دوم۶۳ درجه سانتی‌گراد، زمان مرحله دوم ۵۵ دقیقه، دمای مرحله سوم ۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان مرحله سوم ۲۰ دقیقه، لذا با اعمال شرایط فوق الذکر به ۹۱درصد مطلوبیت کلی دست پیدا کردیم.

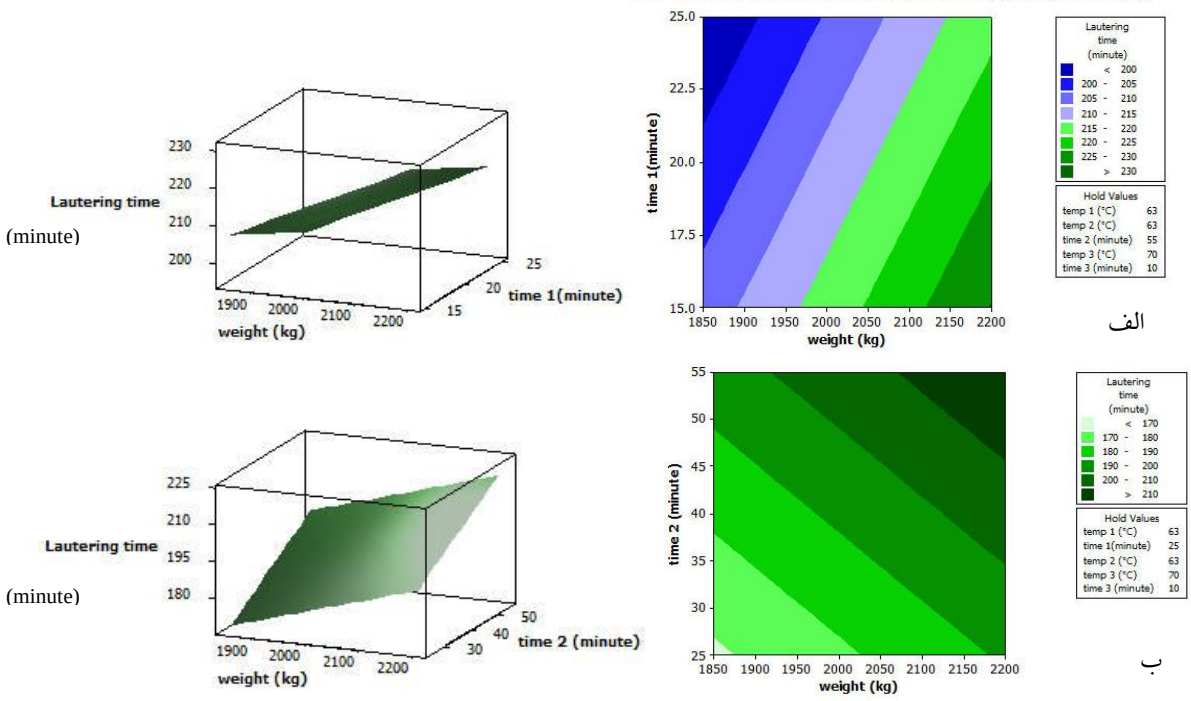
[1] Osman

www.SID.ir

Archive of SID

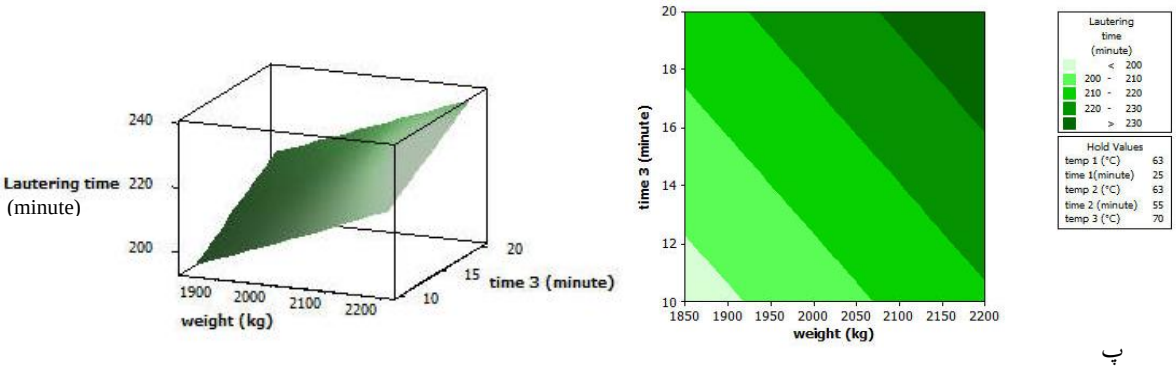


شکل۳- نمودارهای سطحی اثر متقابل وزن مالت (**kg**) و دمای سه مرحله(درجه سانتی‌گراد) بر زمان جداسازی تفاله مالت ایرانی (سمت راست نمودارهای اثر متقابل و سمت چپ نمودارهای سطحی) ، الف) مرحله اول، ب) مرحله دوم، پ) مرحله سوم



www.SID.ir

Archive of SID

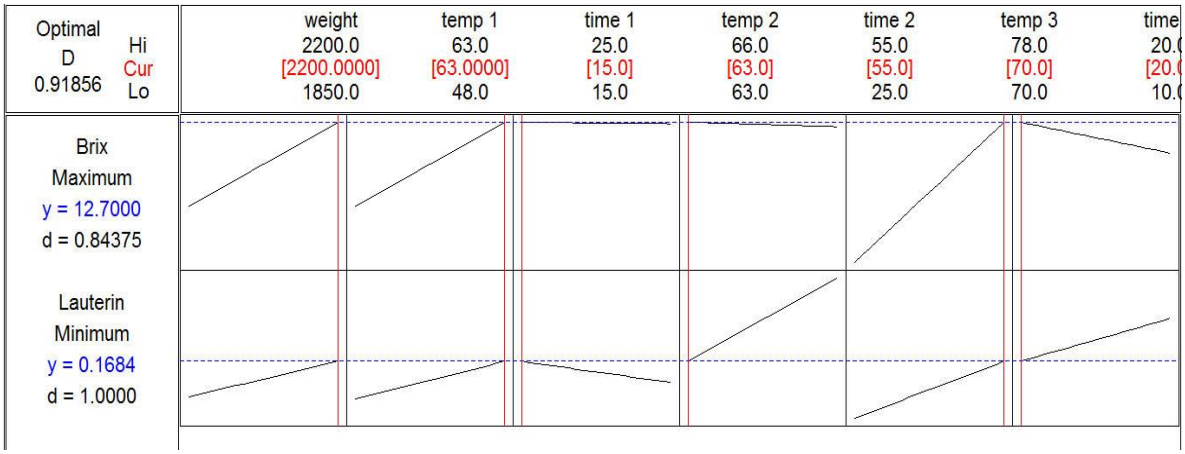


پ

شکل۴-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 حرارت‌دهی، زمان مرحله دوم حرارت‌دهی 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



شکل۵- نمودار بهترین شرایط برای عصاره‌گیری

۴- نتیجه‌گیری کلی

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 فرایند عصاره‌گیری گرم درجه حرارت تعادلی بین درجه حررات 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 هوردئوم 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 درکوره، شماره ۲۷۰۶.

۴- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۱. غلات و حبوبات-تعیین جرم ۱۰۰۰ دانه، شماره۷۶۲۹.

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-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 Gallaghar, 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 tempreture range 48-72 ^{o}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 sicence, 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.

www.SID.ir