**(مقاله پژوهشی)**

# بررسی تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از چاودار به کمک روش سطح پاسخ

**عباس باشی[۱]، حجت کاراژیان[۱*]**

۱-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۹/۱۸

## چکیده

مالت‌سازی شامل مراحل خیساندن، جوانه‌زنی و خشک‌کردن مالت سبز در شرایط کنترل‌شده دما و رطوبت می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از چاودار، از جمله راندمان مالت‌سازی، وزن هزار دانه، دانسیته توده، راندمان عصاره آب گرم و شاخص کلباچ تحت تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بود. برای بررسی این پارامترها و تهیه مالت، مدت زمان خیساندن ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت و سطوح جوانه‌زنی ۵، ۷ و ۹ روز در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری و بهینه سازی فرایند به روش سطح پاسخ انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی میزان راندمان مالت‌سازی، وزن هزار دانه و دانسیته توده کاهش ولی راندمان عصاره آب گرم و شاخص کلباچ افزایش یافت و با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرایند می‌توان بیان نمود که اعمال شرایط ۴۲/۷ ساعت خیساندن و ۹ روز جوانه‌زنی منجر به استحصال مالتی با بهترین خصوصیات از لحاظ راندمان مالت‌سازی و عصاره آب گرم و شاخص کلباچ گردید.

**واژه های کلیدی** : بهینه‌سازی، خیساندن، جوانه‌زنی، مالت چاودار، سطح پاسخ

* مسئول مکاتبات: Hojjat_karazhiyan@yahoo.com

**۱-مقدمه**

تاریخچه آشنایی بشر با مالت‌سازی و عصاره حاصل از آن به زمان آشنایی انسان با فن تخمیر بازمی‌گردد. مصریان و یونانیان اولین کسانی بودند که با این صنعت آشنا شدند. عنوان مالت برگرفته از واژه میلت[1] یا مالت در زبان آنگلوساکسون است و یا احتمالاً به کلمه مالد[2] به معنای شکستن و یا خرد کردنی که قبل از استفاده مالت در عصاره‌گیری انجام می‌شود اشاره دارد (۷). فرآیند مالت‌سازی شامل مراحل خیساندن، جوانه‌زنی و خشک‌کردن مالت سبز[3] در شرایط کنترل‌شده دما و رطوبت می‌باشد(۱۹). چاودار یا گندم‌سیاه[4] با نام علمی *MonatanumSecal* گیاهی از خانواده گندمیان است (۲۳). از چاودار به شکل آرد برای تهیه نان، به‌صورت علوفه سبز برای تغذیه حیوانات اهلی و به شکل دانه و آرد برای مصارف صنعتی بکار می‌رود. به‌طورکلی تحقیقات نشان می‌دهد که ارزش غذایی چاودار در تغذیه احشام و دام بیش از جو و یولاف می‌باشد (۱۵). آرد چاودار می‌تواند برای تولید یک نوع نان که به آن نان سیاه می‌گویند و مصرف زیادی در شرق اروپا و قسمت‌هایی از آسیا دارد، استفاده شود. در اکثر کشورها نان از آرد حاصل از اختلاط آردهای گندم و چاودار تهیه می‌شود. نان چاودار به لحاظ دارا بودن طعم خاص طرفداران زیادی خصوصاً در شرق اروپا دارد (۲۲). به‌طورکلی میزان پروتئین چاودار نسبت به گندم کمتر می‌باشد. در چاودارحدوداً ۱-۲/۵ درصد چربی وجود دارد که چندان متفاوت با میزان چربی موجود در گندم و جو نیست. ولی در مقایسه با میزان چربی جوی دو سر تا حد قابل ملاحظه‌ای کمتر است. هدف از خیس‌کردن، شستشو و تمیز کردن دانه‌ها، کاهش بار میکروبی، تسهیل ورود آب به آندوسپرم و در دسترس قرار دادن اکسیژن جهت خروج دانه از حالت خفته و غیرفعال است ( ۲ و ۷). خیساندن مهم‌ترین و بحرانی‌ترین مرحله در مالت سازی بوده، زیرا جذب و پخش رطوبت دردانه روی کیفیت مالت حاصله از آن مؤثر می‌باشد. داشتن رطوبت مناسب و پخش یکنواخت رطوبت در همه دانه‌های جو برای اصلاح متعادل آن در جوانه‌زنی ضروری است (۴). کلیه تغییرات انجام‌شده در مرحله جوانه‌زنی به اصلاح دانه معروف است. بخش‌های متراکم و دیواره‌های سلولی آندوسپرم نشاسته‌ای به‌وسیله مخلوطی از آنزیم‌ها به نام سیتاز و به دنبال آن گرانول‌های نشاسته توسط آنزیم‌های آمیلولیتیک تجزیه می‌شوند. اولین نشانه شکستن آندوسپرم نشاسته‌ای در دانه کامل انجام فرایند سیتولیز یا تخریب و تجزیه دیواره‌های سلولی موجود در لایه سلولی فشرده و متراکم می‌باشد. عمل اصلاح آندوسپرم نشاسته‌ای از لایه اسکوتولوم شروع شده، در قسمت پشتی دانه سریع‌تر پیش رفته و جنین این عمل را کنترل می‌کند. جنین دانه همچنین با ترشح هورمون جیبرلین، ترشح آنزیم‌های تجزیه کننده آندوسپرم نشاسته‌ای را از لایه آلورون تنظیم می‌نماید (۱۱). در ارتباط با تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی برخصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت، محققین مختلفی مطالعات زیادی انجام دادند که از آن جمله می‌توان به تحقیقات بخش آبادی و همکاران (۱۳۹۰)، قدس ولی و همکاران (۱۳۹۲)، قائمی و همکاران (۱۳۹۳)، بخش‌آبادی و همکاران (۲۰۱۵)، قدس ولی و همکاران (۲۰۱۶) و فرزانه و همکاران (۲۰۱۷) اشاره نمود که همگی این مطالعات روی تأثیر زمان خیساندن یا جوانه‌زنی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از جو صورت گرفته بود که نتایج این مطالعات نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی وزن هزاردانه، راندمان مالت‌سازی، دانسیته ذره‌ای کاهش ولی میزان فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز و راندمان عصاره آب گرم افزایش می‌یابد(۱، ۶، ۵، ۹، ۱۸ و۱۷). تیان و همکاران (۲۰۱۰) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه یولاف را در طول جوانه‌زنی مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن ها نشان داد که با افزایش زمان جوانه‌زنی فعالیت آنزیم‌های آلفاآمیلاز، بتاآمیلاز و بتاگلوکاناز افزایش ولی میزان نشاسته و اسید فیتیک کاهش می‌یابد (۲۴).

1-Mealt
2-Malled (maule)
3-Green Malt
4 -Secal

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از چاودار بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

دانه‌های چاودار در این مطالعه از بازار محلی شهرستان تربت حیدریه و مواد شیمیایی اسید سولفوریک، هیدروکسیدسدیم و سولفات مس از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- تهیه نمونه‌های مالت

پس از تمیز نمودن و بوجاری دانه‌ها توسط الک و به صورت دستی، آن ها به دسته‌هایی به طور مساوی تقسیم شدند و به طور جداگانه برای زمان‌های ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت تا رسیدن به میزان رطوبت نهایی ۴۶-۴۲ ٪ تحت فرآیند خیساندن قرار گرفتند (دمای آب حدود ۲۰درجه سانتی‌گراد و سختی آب حدود ۲۵۰ پی.پی.ام). در مرحله‌ی بعدی دانه‌های خیسانده شده حاصل از سه زمان فوق به سه قسمت مساوی توزین و به داخل ژرمیناتور ( Tabai Espec Corp، ژاپن) جهت طی شدن مدت زمان لازم ۵، ۷ و ۹ روز برای جوانه‌زنی منتقل و دمای ژرمیناتور درحدود ۲۰-۱۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید(۹). در نهایت نمونه‌ها در دمای ۶۵-۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد برای مدت ۴۸-۲۴ ساعت در آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان) خشک شده و سپس ریشه‌چه‌های آن ها به روش سایشی و با الک کردن جدا گردید و بعد از آسیاب کردن (Huddinge14105، سوئد)، عصاره‌گیری با روش زمان‌بندی درجه حرارت انجام گرفت (۱).

#### ۲-۲-۲- راندمان مالت‌سازی

با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ و با استفاده از رابطه ۱ به‌دست آمد (۱).

رابطه (۱) $$\%R = \frac{M}{S}$$

در رابطه (۱)، R، M و S به ترتیب راندمان مالت‌سازی، وزن دانه‌های مالت (گرم )و وزن دانه‌های اولیه بود.

#### ۲-۲-۳- وزن هزار دانه

برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد ۱۰۰۰ دانه به‌طور تصادفی انتخاب و توزین گردید و نتیجه بر حسب گرم گزارش شد (۹).

#### ۲-۲-٤- دانسیته توده

برای اندازه گیری دانسیته توده ($\rho_b$) ظرفی با حجم و جرم مشخص مورد استفاده قرار گرفت. دانه‌ها با سرعتی ثابت و از ارتفاع حدود ۱۵۰میلی‌متری ریخته شدند. ریختن دانه‌ها از ارتفاع ۱۵۰میلی‌متری با ایجاد ضربه در ظرف به هنگام پرکردن باعث اثر ته‌نشینی در حین ذخیره‌سازی شد (۳). بعد از پر کردن ظرف، دانه‌های اضافی با عبور دادن یک میله شیشه‌ای روی سطح ظرف با حرکات زیگزاکی برداشته شد. در نهایت دانسیته توده (D) از نسبت جرم دانه در ظرف (M) به حجم کل آن (V) به دست آمد (رابطه ۲).

رابطه(۲) $$D = \frac{M}{V}$$

#### ۲-۲-۵- راندمان عصاره آب گرم

پس از تهیه عصاره به روش زمان‌بندی درجه حرارت، وزن مخصوص عصاره حاصله به کمک پیکنومتر تعیین گردید سپس با مراجعه به جدول پلاتو، بریکس عصاره اندازه‌گیری شد و در نهایت از رابطه (۳) درصد راندمان عصاره آب گرم تعیین شد.

رابطه (۳) $$E = \frac{(800+M)P}{100-P}$$

E، MوP به ترتیب عبارت است از درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم بر اساس ماده خشک، درصد رطوبت در مالت و مواد جامد محلول کل در ۱۰۰ گرم عصاره با استفاده از جدول پلاتو (۶).

#### ۲-۲-٦- شاخص کلباچ

مطابق با روش شماره ۹۵۰.۱۰ AOAC (۲۰۰۸) پس از تعیین ازت کل مالت و ازت محلول کل عصاره به وسیله دستگاه

ماکروکلدال اتوماتیک( Auto Analyser 130 Tecator CO) محاسبه شد (۸).

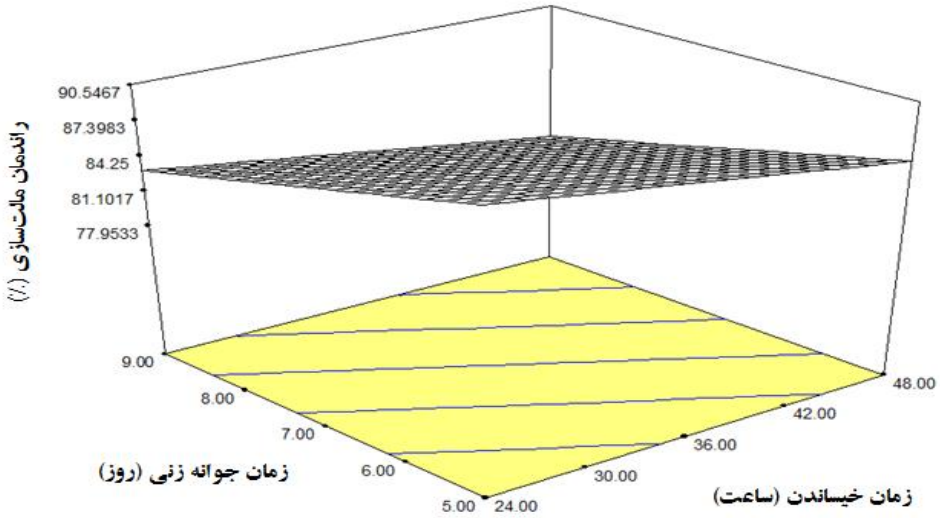
### ۲-۲-۷- طرح آزمایش و تحلیل آماری

روش شناسی سطح پاسخ (RSM)، با استفاده از یک طرح چرخش پذیر مرکب مرکزی برای ارزیابی پارامترهای ثابت مطالعه، زمان خیساندن ($x_1$) و زمان جوانه زنی ($x_2$) بر روی راندمان مالت‌سازی، وزن هزار دانه، دانسیته توده، راندمان عصاره آب گرم و شاخص کلباچ، به عنوان پارامترهای متغیر، مورد استفاده قرار گرفت. توابع پاسخ (Y) در مورد پارامترهای اندازه گیری شده با استفاده از یک چند جمله‌ای درجه ساده و چند جمله‌ای درجه دوم مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیز آماری توسط نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2 صورت گرفت.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- بررسی روند تغییرات راندمان مالت‌سازی

نتایج نشان داد که تغییرات مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی برراندمان مالت‌سازی تأثیر معنی‌دار داشت (جدول۲). همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی میزان راندمان مالت‌سازی کاهش یافت. در هنگام خیساندن دانه‌ها در حدود ۱-۰/۵ درصد از مواد متشکله دانه، در آب حل می‌شود و ضمن عمل شستشو، مقداری از دانه‌های سبک که در سطح آب قرار می‌گیرند از دانه‌های سالم جدا می‌شوند و به‌طور کلی افت در این مرحله حدود ۱/۵-۱ درصد می‌باشد. در مرحله‌ی جوانه‌زنی با تنفس سلولی در دانه‌ها درصدی از مواد متشکله‌ی دانه از بین می‌رود و برخی از مواد نیز به صورت ریشه‌چه و جوانه حذف می‌شود. در ضمن با خشک کردن مالت، مقداری از رطوبت در مقایسه با رطوبت اولیه‌ی دانه کاسته می‌شود (۱۲). نتایج این تحقیق با نظر تیان و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین کلاور و همکاران (۲۰۱۰) که به ترتیب تغییرات فیزیکوشیمیایی دانه جو دوسر و سورگوم را در طی مرحله جوانه‌زنی مورد بررسی قرار دادند، مطابقت داشت (۱۳ و ۲۴). بخش آبادی و همکاران (۲۰۱۵)، نیز بیان داشتند که با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی راندمان مالت سازی جو کاهش می‌یابد (۹). در جدول ۳ (مدل ۱)، مدل نهایی ارائه شده برای راندمان مالت‌سازی به‌دست آمده حاکی از اثرگذاری بیشتر متغیر خطی زمان جوانه‌زنی بود.




**شکل ۱- تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر میزان راندمان مالت‌سازی**

**جدول ۱- انتخاب مدل برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری**

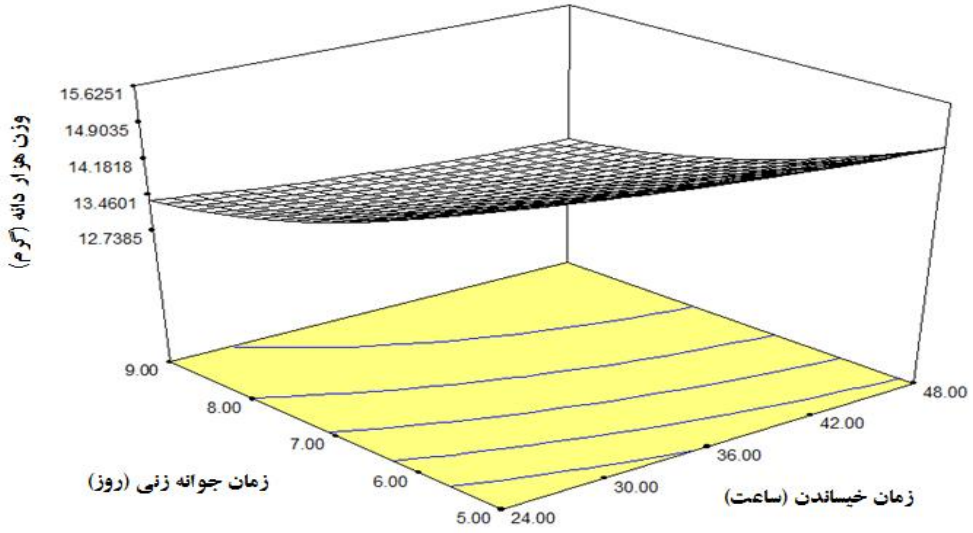
| مدل‌ها | راندمان مالت‌سازی | | وزن هزاردانه | | دانسیته توده | | راندمان عصاره آب گرم | | شاخص کلباچ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال |
| عرض از مبدا | /۸۱ ۹۲۲۷٤ | | ۲۵۰۵/۹۰ | | ٦٤٥۷۰۰ ۰ | | /۷۲ ۲۸۰۸۹ | | /۳۰ ۲۵۱۹ | |
| مدل خطی | ۱۲۳/۵۱ | ۰/۰۰۱ ≤ | ۷/۷٦ | ۰/۰۰۱ > | ۹۳۲/۰۰ | ۰/۰۲۱ | ۷۹/۹۸ | ۰/۰۰۲ | ۱۳۹/٤۹ | ۰/۰۰۱ > |
| چندجمله‌ای | ۰/۰۳٤ | ۰/٦۳٤۱ | ۰/۰۱۱ | ۰/۷۰٦۲ | ۸/۵۳ | /٤۰۲۲ ۰ | ۷/۱۰ | ۰/۰۳۷۵ | ٦/۸۷ | ۰/۰۵٦ |
| چندجمله‌ای درجه دوم | ۰/۳۵ | ۰/۳۱۹۸ | ۰/۵۱ | ۰/۰۰٤۹ | ٦٤/٤۰ | ۰/۰۲۵ | ۸/۳۳ | ۰/۰۰۵ | ۱۰/۳٤ | ۰/۰۰۳ |
| چندجمله‌ای درجه سوم | ۰/٦۵ | ۰/۰٤۵٦ | ۰/۰۷٦ | ۰/۱۵۳۵ | ۲۹/۲۷ | ۰/۰۱۰ | ۲/۳٤ | ۰/۰۰۲ | ۱/۰۱ | ۰/۲۹ |
| باقیمانده | ۰/۲۷ | | ۰/۰٦۸ | | ۵/٦۲ | | ۰/۰۸ | | ۱/۵۳ | |
| کل | /٦۲ ۹۲۳۹۹ | | ۲۵۱٤/۳۲ | | ٦٤۵۸۰۰ ۰ | | /۵٦ ۲۸۱۸۷ | | /۵٤ ۲٦۷۸ | |

**جدول ۲- آنالیز واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده**

| مدل ها | راندمان مالت‌سازی | | وزن هزاردانه | | دانسیته توده | | راندمان عصاره آب گرم | | شاخص کلباچ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منبع | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال | مجموع مربعات | سطح احتمال |
| مدل | ۱۲۳/۵۱ | <۰/۰۰۱ | ۸/۲۸ | <۰/۰۰۱ | ۱۰۰٤/۹۳ | <۰/۰۰۱ | ۹۵/٤۲ | <۰/۰۰۱ | ۱۵٦/۷۰ | <۰/۰۰۱ |
| A | ۳۸/٤٦ | <۰/۰۰۱ | ۰/۸۱ | ۰/۰۰۰٤ | ٤۰۸/۲۱ | <۰/۰۰۱ | ۱۸/۸۰ | ۰/۰۰۰۲ | ۳۷/۵۹ | <۰/۰۰۱ |
| B | ۸۵/۰۵ | <۰/۰۰۱ | ٦/۹٦ | <۰/۰۰۱ | ۵۲۳/۷۹ | <۰/۰۰۱ | ٦۱/۱۸ | <۰/۰۰۱ | ۱۰۱/۹۰ | <۰/۰۰۱ |
| $A^2$ | – | – | ۰/۰۳ | ۰/۲۱۳ | ۰/۲۱ | ۰/۸۵ | ۰/۵٤ | ۰/۲۵ | ۳/۵٤ | ۰/۰۱۷ |
| $B^2$ | – | – | ۰/۳۲ | ۰/۰۰٦ | ۵۷/٤۷ | ۰/۰۱ | ۵/۲۹ | ۰/۰۰٦ | ۲/۸٦ | ۰/۰۲۷ |
| AB | – | – | ۰/۰۱ | ۰/٤۹ | ۸/۵۳ | ۰/۲۳ | ۷/۱۰ | ۰/۰۰۳ | ٦/۸۷ | ۰/۰۰٤ |
| باقیمانده | ۱/۳۰ | – | ۰/۱٤ | – | ۳٤/۸۹ | – | ۲/٤۲ | – | ۲/۵۵ | – |
| فقدان برازش | ۱/۱۲ | ۰/۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۳۳ | ۲۹/٦۵ | ۰/۰٤ | ۲/٤۰ | ۰/۰۹ | ۰/۲/۵٤ | ۰/۰۱ |
| خطای خالص | ۰/۱۹ | – | ۰/۰۷ | – | ۵/۲٤ | – | ۰/۰۲۱ | – | ۰/۰۱ | – |
| مجموع مربعات کل | ۱۲٤/۸۱ | – | ۸/٤۳ | – | ۱۰۳۹/۸۲ | – | ۹۷/۸۳ | – | ۱۵۹/۲٤ | – |

### ۳-۲- بررسی روند تغییرات وزن هزاردانه

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار بودن اثرات متغیرهای خطی زمان خیساندن و جوانه‌زنی و همچنین پارامتر درجه دوم زمان جوانه‌زنی بر وزن هزاردانه مالت حاصله 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 (۷). نتایج نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی (شکل ۲) وزن هزار دانه مالت‌های تولیدی کاهش یافت. نتایج وینگارد و همکاران (۲۰۰۵) نیز موید این مطلب بود (۲۵). قائمی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی میزان وزن‌هزار دانه مالت کاهش می یابد (۵). داده‌های حاصل از بررسی آماری این آزمون و همچنین جدول ۳ نشان داد که بیشترین تأثیر را بر وزن هزار دانه مالت چاودار، پارامتر خطی زمان جوانه‌زنی داشت.

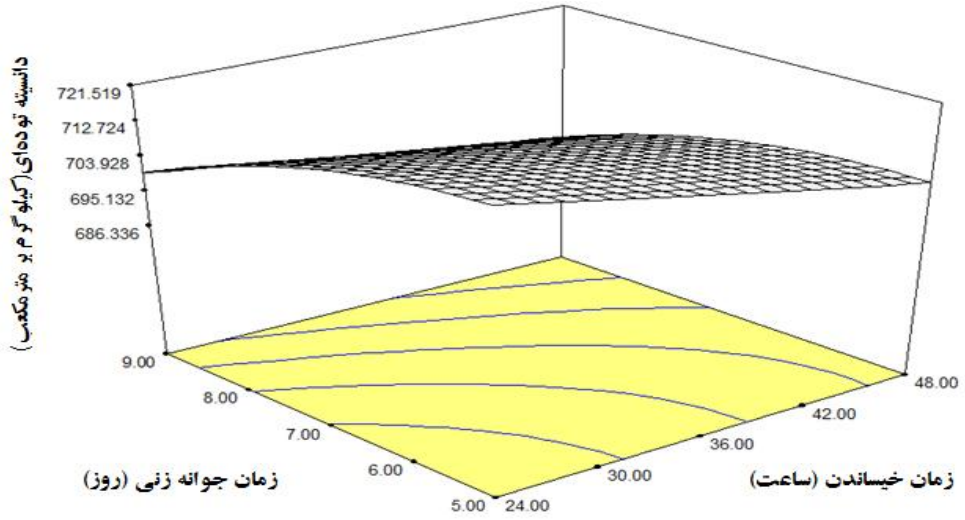



**شکل ۲– تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر وزن هزاردانه**

### ۳-۳- تأثیر پارامترهای عملیاتی بر دانسیته توده

بهترین مدل انتخابی برای دانسیته توده دانه‌های مالت حاصل از چاودار، مدل چند جمله‌ای درجه دوم بود (جدول ۱). نتایج جدول ۲ نشان داد که اثرات خطی زمان خیساندن و جوانه‌زنی و همچنین اثرات درجه دوم پارامتر زمان جوانه‌زنی مورد بررسی نیز بر میزان دانسیته توده معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل زمان خیساندن و جوانه‌زنی و پارامتر درجه دوم زمان خیساندن بر دانسیته توده مالت معنی‌دار نبود ($p<۰/۰۵$) از طرفی مشخص شد که زمان جوانه‌زنی بیشترین تأثیر را بر میزان دانسیته توده مالت‌های حاصله داشت.از شکل ۳ می‌توان نتیجه گرفت که افزایش زمان خیساندن و همچنین جوانه‌زنی منجر به کاهش میزان دانیسته توده نمونه‌ها گردید. علت این کاهش را می‌توان به کاهش وزن و افزایش حجم دانه طی فراوری نسبت داد. قدس ولی و همکاران(۲۰۱۶) با مطالعه‌ای که روی خواص آئرودینامیکی و بیوفیزیکی مالت حاصل از جو داشتند، بیان داشتند که با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی، میزان دانسیته ذره‌ای دانه‌ها کاهش می‌یابد (۱۸) که نتایج آن ها هم‌راستا با نتایج این بخش بود. خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی مواد جامد، سرد کردن و حرارت دادن مواد غذایی تأثیر می‌گذارد. مهم‌ترین خواص هندسی عبارتند از شکل، اندازه (ابعاد)، قطرهای هندسی و حسابی، سطح و کرویت. دانسیته توده و

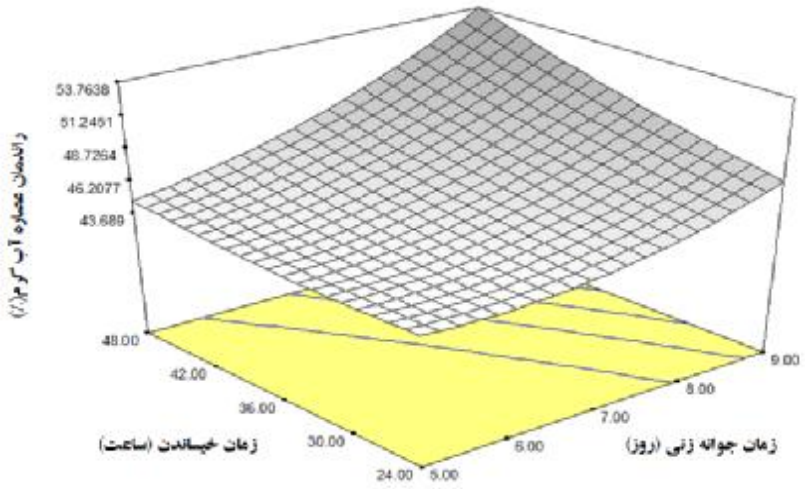
تخلخل مهم‌ترین عواملی هستند که در طراحی سیستم های خشک‌کردن و هوادهی مورد توجه قرار می‌گیرند، چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد، تأثیر می‌گذارند. در تئوری‌هایی که برای پیش‌بینی فضای انبار بکار می‌روند، دانسیته توده عامل اساسی به شمار می‌رود (۱۶). در جدول ۳ (مدل ۳)، مدل نهایی ارائه شده برای میزان دانسیته توده به نمایش در آورده شده است.




**شکل ۳- تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر دانسیته توده‌ای مالت چاودار**

### ۳-٤- تأثیر پارامترهای عملیاتی بر راندمان عصاره آب گرم

نتایج جدول (۲) نشان داد که اثرات خطی زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر میزان راندمان عصاره آب گرم در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار می‌باشد. اثرات درجه دوم و متقابل پارمترهای مورد بررسی نیز به جزء اثر درجه دوم زمان خیساندن بر میزان راندمان عصاره آب گرم معنی دار بود. جدول ۱ مشخص نمود که بهترین مدل انتخابی برای تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر میزان راندمان عصاره آب گرم مدل چند جمله‌ای درجه دوم بود. شکل ۴، تأثیر متقابل زمان خیساندن و جوانه‌زنی را بر میزان راندمان عصاره آب گرم نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی میزان راندمان عصاره آب گرم افزایش یافت که البته این اثر در مقادیر بالای زمان خیساندن و جوانه‌زنی مشهودتر می‌باشد. دلیل افزایش راندمان عصاره آب گرم با افزایش زمان خیساندن را می‌توان به جذب بیشتر آب و رطوبت در طی زمان خیساندن که منجر به شکستگی بیشتر و کاهش مقدار بتا-گلوکان می‌گردد، نسبت داد (۱۰). نتایج به دست آمده با نتایج بررسی انجی و همکاران در سال ۲۰۰۴ مطابقت داشته است (۱۴). درطی جوانه‌زنی، گیاهک رشد کرده و به نصف تا دو سوم طول دانه می‌رسد، جنین در حال رشد هورمون جیبرلیک اسید ترشح می‌کند. این امر موجب می شود که مقدار آنزیم بتا-گلوکاناز در جو ۶۰۰-۵۰۰ برابر شده و سبب تجزیه دیواره سلولی دانه به ویژه بتا-گلوکان و در نتیجه راندمان عصاره آب گرم گردد (۱۷). از مدل‌های برازش شده برای راندمان عصاره آب گرم (جدول۳) می‌توان متوجه شد که بیشترین اثرگذاری را بر میزان راندمان عصاره آب گرم، زمان جوانه‌زنی داشته است.




**شکل ٤– تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر میزان راندمان عصاره آب گرم**

**جدول ۳- مدل‌های برازش داده شده برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری**

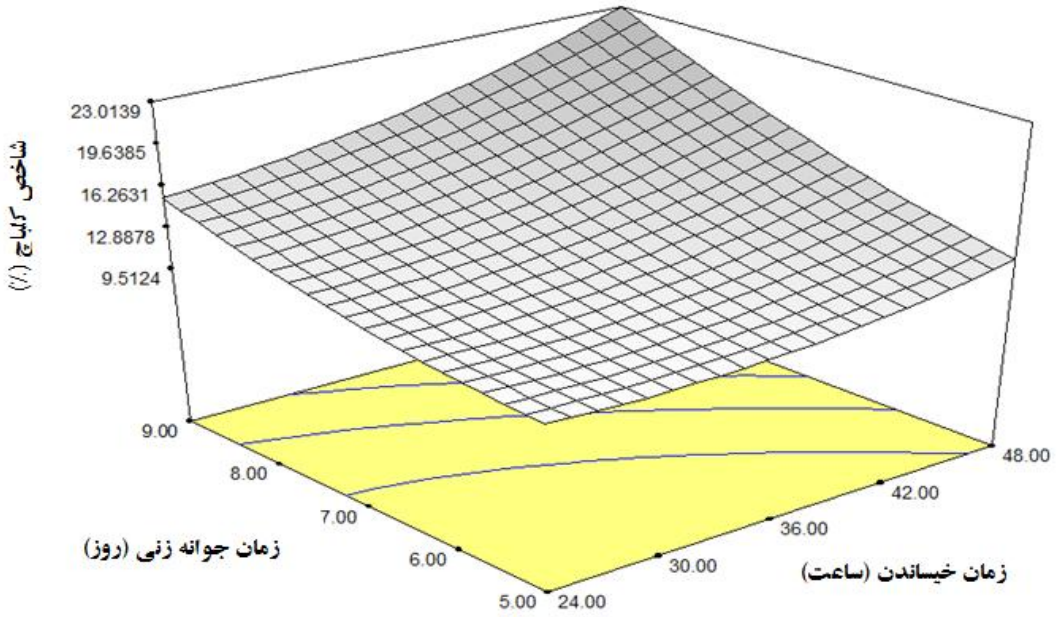
| ردیف | متغیر اندازه‌گیری شده | مدل بدست آمده | R2 | R2-adj | ضریب تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | راندمان مالت‌سازی | $y= +84.25–2.53\ X_1– 3.77\ X_2$ | ۰/۹۸۹ | ۰/۹۸۷ | ۰/٤۳ |
| ۲ | وزن هزاردانه | $y= +13.67 –0.37X_1–1.08\ X_2+ 0.12X_1^2 + 0.34\ X_2^2+ 0.53X_1X_2$ | ۰/۹۸۳ | ۰/۹۷۰ | ۱/۰۳ |
| ۳ | دانسیته توده | $y= +706.76 –8.25X_1–9.34\ X_2+ 0.27X_1^2 –4.56\ X_2^2+ 1.46X_1X_2$ | ۰/۹٦٦ | ۰/۹٤۲ | ۰/۳۲ |
| ٤ | راندمان عصاره آب گرم | $y= +45.64 +1.77X_1+3.19\ X_2+ 0.44X_1^2 + 1.38\ X_2^2+ 1.33X_1X_2$ | ۰/۹۵۷ | ۰/۹۷۵ | ۱/۲٦ |
| ۵ | شاخص کلباچ | $y= +12.93 +2.50X_1+4.12\ X_2+ 1.31X_1^2 + 1.02\ X_2^2+ 1.31X_1X_2$ | ۰/۹۸٤ | ۰/۹۷۲ | ٤/۳۳ |

**۳-۵- تأثیر پارامترهای عملیاتی بر میزان شاخص کلباچ**

نسبت میزان پروتئین محلول به میزان پروتئین کل، تحت عنوان شاخص کلباچ یا شاخص تغییرات اصلاحی نیتروژن در طی فرآیند مالت سازی تعریف می گردد (۷). نتایج جدول تجزیه و تحلیل داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات خطی زمان زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر میزان شاخص کلباچ مشابه بوده و در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل نیز معنی‌دار بودند.

همان‌طور که در شکل (۵) ملاحظه می‌گردد با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی، شاخص کلباچ نمونه‌ها افزایش یافت. علت افزایش شاخص کلباچ با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی را می‌توان به افزایش پروتئین محلول در عصاره نسبت داد. میزان عصاره با بهبود خصوصیات تغییرات اصلاحی خصوصاً افزایش نسبت کلباچ افزایش می‌یابد. به طور کلی باید یک توازن ظریف و حساس بین پروتئین کل و محلول وجود داشته باشد. تغییرات اصلاحی خوب و

مناسب و عصاره آزاد شده این اجازه را به آنزیم‌های موجود می‌دهد که خصوصیات عملکردی بیشتری داشته باشند (۱۹، ۲۰ و ۲۱). نتایج این بخش با نتایج قدس ولی و همکاران (۱۳۹۲)، مطابقت داشت (۶). زمان جوانه‌زنی، همانند تمامی متغیرهای مورد بررسی (جدول۳) بیشترین تأثیر را بر میزان شاخص کلباچ نمونه‌ها داشت.




**شکل ۱۵– تأثیر زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر شاخص کلباچ**

### ۳-٦- بهینه‌سازی فرایند مالت‌سازی دانه چاودار

به‌منظور یافتن بهترین شرایط مالت‌سازی از دانه چاودار، باتوجه به زمان خیساندن که بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت و زمان جوانه‌زنی که بین ۵ تا ۹ روز تنظیم شده بود، فرایند مالت‌سازی در شرایط ذکرشده به‌منظور رسیدن به حداکثر راندمان مالت‌سازی، شاخص کلباچ و راندمان عصاره آب گرم بهینه‌یابی گردید. نتایج نشان داد که به‌منظور رسیدن به اهداف ذکرشده، بایستی زمان خیساندن ۴۲/۷ ساعت و زمان جوانه‌زنی ۹ روز باشد تا مطلوبیت ۰/۷۲۹حاصل گردد (جدول ۴).

**جدول ٤- شرایط بهینه فرایند مالت‌سازی چاودار**

| زمان خیساندن (ساعت) | زمان جوانه‌زنی (روز) | راندمان مالت‌سازی (درصد) | وزن هزاردانه (گرم) | دانسیته توده (کیلوگرم بر متر مکعب) | راندمان عصاره آب گرم(درصد) | شاخص کلباچ (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ٤٢/٧ | ٩ | ٧٩/٠٦ | ١٢/٧٩ | ٦٨٩/١٢ | ٥٢/٠٩ | ٢٠/٥٤ |

### ٤- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر تمامی خصوصیات مورد اندازه‌گیری تأثیر معنی‌دار داشت و با افزایش زمان خیساندن و جوانه‌زنی میزان راندمان مالت‌سازی، وزن هزاردانه و دانسیته توده‌ای کاهش ولی راندمان عصاره آب گرم و شاخص کلباچ افزایش یافت. بهینه‌سازی فرایند تولید مالت حاصل از چاودار به‌منظور رسیدن به حداکثر راندمان مالت‌سازی،

شاخص کلباچ و راندمان مشخص گرداند که به‌منظور رسیدن به اهداف ذکرشده، بایستی زمان خیساندن ۴۲/۷ ساعت و زمان جوانه‌زنی ۹ روز باشد تا مطلوبیت ۰/۷۲۹ حاصل گردد.

## ۵- منابع


۱. بخش آبادی، ح.، میرزایی، ح.ا.، قدس ولی، ع.ر.، ضیایی فر،ا.م.، آیدانی، ع. و محمدی، م. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آئرودینامیکی مالت جو (لاین EBYT88-17) با استفاده از روش سطح پاسخ. *فصلنامه علوم و فناوری صنایع غذایی*، جلد۳، شماره۳،۵۲-۴۱.

۲. پایان، ر.۱۳۸٤. بررسی تاثیر جایگزینی آرد گندم با آرد چاودار بر زمان ماندگاری نان سنگک ،پایان نامه ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم و تحقیقات.

۳. رضوی،م.ع. و اکبری، ر. ۱۳۸۵. *خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی و مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. چاپ اول.۳۰٤ صفحه.

٤. فیضی پورنامقی، ا. و حسینی قابوس، ح. ۱۳۸۹. *مالت و ماء الشعیر*. انتشارات علم کشاورزی ایران تهران. ۲۰۸ صفحه

۵. قائمی، پ.، قدس‌ولی، ع.، سیدین اردبیلی، س.م.، فغانی، ا. و بخش آبادی، ح. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی ارقام جو بر میزان بتاگلوکانان و خصوصیات کیفی مالت حاصل از آن ها. *فصلنامه علوم و فناوری صنایع غذایی*، جلد٦، شماره۱، ٤۳-۳۳.

٦. قدس ولی، ع.ر.، بخش آبادی، ح.، محمدی، م. ۱۳۹۲. اثر شرایط خیساندن و جوانه‌زنی بر خصوصیات کمی و کیفی عصاره مالت جو. *مجله مهندسی تحقیقات کشاورزی*، جلد۱٤، شماره۱، ۵۸-٤۵.

۷. قدس‌ولی، ع.، بیانی، ر.، بخش آبادی، ح.، مقصودلو، م. و رشیدزاده، ش. ۱۳۹۱. *مالت و مالت‌سازی*. انتشارات نوروزی گرگان، چاپ اول، ۱۷۷ صفحه.

8. AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of official Analytical Chemists.
9. Bakhshabadi, H., Mirzaei, H. O., Ghodsvali, A., Ziaiifar, A. M., Aidani, E., Daraei Garmakhany, A. and Maghsoudlou, M. 2015. Optimation of Physicochemical and Aerodynamical Characteristics of Malt barely Using the Response Surface Methalogy. *Minerrva Biotecnologica*, 27:21-29.
10. Bhatty, R. S. 1996. The potential of hull-less barley. *Cereal Chemistry*, 76:589-599.
11. Briggs, D. E. 2002. Malt modification–A century of evolving views. *Journal of the Institute of Brewing*. 108:395-405.
12. 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.pp. 387.
13. Claver, I. P., Zhang, H., Li, Q., Zhou, H. and zhu, k. 2010. Optimized conditions of Steeping and Germination and Their Effect on Sorghum [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] Composition, 9(7): 686-685.
14. 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. *Process Biochemistry, 39(8): 1013-1016.*
15. Evans. L.E. and Dedio. W. 1973. Variability in the alkylresorcinol content of rye grain. *Canadian Journal of Plant Science,* 53(3): 485-488.
16. Farzaneh, V., Ghodsvali, A.R., Bakhshabadi, H., Ganje, M., Dolatabadi, Z. and Carvalho, I.S. 2017. Modelling of the selected physical properties of the fava bean

with various moisture content using fuzzy logic design. *Journal of Food Process Engineering*, 40:2-9.

17. Farzaneh, V., Ghodsvali, A.R., Bakhshabadi, H., Zare, Z. a,nd Carvalho, I.S. 2017. The Impact of germination time on the some selected parameters through malting process. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94: 663–668.
18. Ghodsvali, A.R., Farzaneh, V., Bakhshabadi, H., Zare, Z., Karami, Z., Mokhtarian, M. and Carvalho, I.S. 2016. Screening of the aerodynamic and biophysical properties of barley malt. *International Agrophysics*. 30: 457-464.
19. Jones, B. L. and Lookhart, G. L. 2005. Comparison of endoproteinase of various grains. *Cereal Chemistry,* 82:125-130.
20. Kent, N. L. and Evers, A. D. 1994. *Technology of Creals*. 4th ed. Wood Head Publishing. 225p.
21. Osman, A. M. 2002. The advantages of using natural substrate-based on methods in assessing the roles and sypergistic and competitive interactions of barley malt starch-degrading enzmes. *Journal of Institute Brewing,* 108:204-214.
22. Pyler, R.E. and Thomas, D.A. 1991. *Malted cereals: production and use*. 2nd Edition, Marcel Dekker, New York. pp. 815-835.
23. Rakha, A., Åman, P. and Andersson, R. 2011. How Does the Preparation of Rye Porridge Affect Molecular Weight Distribution of Extractable Dietary Fibers? *Int J MolSci*, 11: 3321-3333.
24. Tian, B., Xie, B., Shi, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S. and Deng, Q. 2010. Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Food Chemistry*, 119:1195-1200.
25. 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 Institute of Brewing*, 111:275-281.

**(Original Research Paper)**

# Effect of Steeping and Germination Time on Some Physico-chemical Properties of Rye Malt with Using the Response Surface Methodology

**Abbas Bashi[1], Hojjat Karazhiyan[1*]**

1-Department of Food Science and Technology, Torbat-e Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh, Iran.

Received: 04/08/2019 Accepted:09/12/2019

**Abstract**

Malting involves steeping, germination and drying of green malt in controlled conditions of temperature and humidity. The purpose of this study was to investigate some of the physico-chemical properties of rye malt, including malting efficiency, 1000 seeds weight, mass density, hot water extract efficiency and Kolbach index under the influence of time of soaking and germination. To evaluate these parameters and to prepare malt, 3 steeping periods (24, 36 and 48 hours) and 3 germination times (5, 7 and 9 days) were used. Statistical analysis and process optimization were performed using the Surface methodology. The results showed that increasing the duration of soaking and germination, the malt efficiency, 1000 seeds weight and density decreased, but the efficiency of the hot water extract and the Kolbach index increased and according to the results of process optimization, it can be stated that the application of conditions was 42.7 hours steeping and 9-day germination resulted in the best quality malt extract in terms of malt efficiency and hot water extract and Kolbach index.

**Keywords:** Optimization, Steeping, Germination, Rye Malt, Response Surface Methodology.

[*]Corresponding Author: Hojjat_Karazhiyan@yahoo.com