

# بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آثرودینامیکی مالت جو (لاین EBYT88-17) با استفاده از روش سطح پاسخ

حمید بخش آبادی<sup>۱\*</sup>، حبیب الله میرزایی<sup>۲</sup>، علی رضا قدس ولی<sup>۳</sup>، امان محمد ضیایی فر<sup>۴</sup>، عماد آیدانی<sup>۵</sup>، مرتضی محمدی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۳</sup> استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان، ایران

<sup>۴</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۵</sup> دانش آموخته ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۲

## چکیده

مالت سازی یک روش پیچیده بیوتکنولوژی است که شامل مراحل خیساندن، جوانه زنی و خشک کردن مالت جوانه زده در شرایط کنترل شده دما و رطوبت می باشد. در این مطالعه، سرعت حد و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از لاین EBYT88-17 جو، از جمله راندمان مالت سازی، مقدار ازت، وزن هزار دانه و دانسیته ی ذره ای اندازه گیری شد. برای بررسی این پارامترها و تهیه ی مالت از ۳ زمان خیساندن (۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت) و ۳ زمان جوانه زنی (۳، ۵ و ۷ روز) استفاده 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 جوانه زنی، میزان وزن هزار دانه و دانسیته ی ذره ای کاهش یافت و با توجه به نتایج بهینه سازی فرایند می توان بیان نمود که اعمال شرایط ۳۰/۴۹ ساعت خیساندن و ۳/۷۱ روز جوانه زنی منجر به استحصال مالتی با حداکثر راندمان و مقدار ازت گردید.

**واژه های کلیدی:** خواص فیزیکوشیمیایی، مالت، سطح پاسخ.

## ۱- مقدمه

جو بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین غله مهم است که کشت آن به حدود ده هزار سال پیش باز می‌گردد (۱۰). در جهان، جو با سطح زیر کشت ۵۶ میلیون هکتار و تولید سالانه ۱۵۴ میلیون تن از جمله محصولات زراعی مهم به شمار می‌رود. سطح زیر کشت آن در ایران ۱/۳ میلیون هکتار با عملکرد ۱/۵۴ تن در هکتار و تولید سالانه ۲ میلیون تن می‌باشد (۱۵). از جو به طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی استفاده می‌شود که مورد اخیر، مهم‌ترین کاربرد غذایی آن است (۹). در صنعت مالت‌سازی از غلات مختلفی مانند جو، گندم، سورگوم، ارزن و تریتیکاله استفاده می‌گردد اما به دلیل وجود ترکیب شیمیایی خاص، تغییرات مطلوب طی جوانه‌زنی و وجود پوسته که نقش حفاظت از جوانه را طی حمل و نقل بر عهده دارد، جو از امتیاز بالاتری نسبت به سایر غلات برخوردار است (۱۰). از علل دیگر مناسب بودن جو برای مالت‌سازی، وجود سلول‌های ضخیم لایه‌ی آلورون است که موجب فعالیت آمیلولیتیک بالای آن می‌گردد (۱۳). عنوان مالت از واژه Mealt یا مالت در زبان آنگلساکسون استخراج شده و یا احتمالاً به کلمه‌ی (Maule) Malled به معنای شکستن و یا خردکردنی که قبل از استفاده مالت در عصاره‌گیری انجام می‌شود اشاره دارد. عطر و طعم مطلوب حاصل از دانه‌های جوانه‌زده که در ابتدا به‌طور اتفاقی شناخته شد سبب کاربرد گسترده‌ی غلات جوانه‌زده در محصولات غذایی مختلف گردید. مالت در صنعت برای تولید محصولاتی نظیر شیرینی‌ها، بیسکویت، محصولات نانوائی، شربت عصاره‌ی مالت، غلات صبحانه‌ای، آنزیم دیاستاز، سرکه‌ی مالت و نوشیدنی‌های مالتی استفاده می‌شود (۸).

در ارتباط با تاثیر فرایند مالت‌سازی بر دانسیته‌ی دانه‌ای، کشیری و همکاران (۱۳۸۶) عنوان کرده‌اند که دانسیته‌ی دانه‌ها در طی فرایند مالت‌سازی کاهش می‌یابد (۳). انجی و همکاران (۲۰۰۳) بیان نموده‌اند هرچه 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 کم تر خواهد بود (۱۱). بریجز (۱۹۹۸) گزارش نمود که مقدار جذب آب در یکنواختی مالت موثر است به طوری که افزایش رطوبت از ۴۱٪ به ۴۹٪ با توجه به جوانه‌زنی غیر یکنواخت سبب کاهش راندمان مالت‌سازی می‌گردد. خصوصیات آثرودینامیکی مانند سرعت حد محصولات کشاورزی در طراحی سیستم‌های انتقال با جریان هوا و

تجهیزات جداسازی مهم و ضروری است (۲).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آثرودینامیکی لاین EBYT88-17 جو و همچنین یافتن بهترین مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی آن برای تهیه مالت می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

لاین جو با نام EBYT88-17 مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان و مواد شیمیایی تولون، اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم، سولفات مس از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده عبارتند از: دستگاه ژرminatور (Tabai Espec Corp، ژاپن)، الک آزمایشگاهی، دستگاه آسیاب (Huddinge 14105، سوئد)، دستگاه کج‌جدال (Auto Analyser 130 Tecator CO)، دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان)، پیکنومتر، آنومتر با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه ساخت هلند و ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان).

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- تهیه نمونه‌های مالت

پس از تمیز نمودن و بوجاری دانه‌ها توسط الک و به صورت دستی، آن‌ها 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 ۲۰ درجه‌ی 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 ژرminatور جهت طی شدن مدت زمان لازم ۳، ۵ و ۷ روز برای جوانه‌زنی منتقل و دمای

ژرminatور در حدود ۲۰-۱۷ درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم گردید (۷). در نهایت، نمونه‌ها در دمای ۶۵-۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد برای مدت ۴۸-۲۴ ساعت خشک گردید و سپس ریشه‌چه‌های آن‌ها به روش سایشی و با الک کردن جدا گردید.

#### ۲-۲-۲- راندمان مالت‌سازی

با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ و با استفاده از معادله‌ی زیر به دست آمد:

(معادله‌ی ۱)

پارامترهای متغیر، مورد استفاده قرار گرفت. توابع پاسخ (Y) در مورد پارامترهای اندازه گیری شده با استفاده از یک چند جمله‌ای درجه ساده (معادله‌ی ۴) و چند جمله‌ای درجه دوم (معادله‌ی ۵) مورد بررسی قرار گرفتند.

$$\text{وزن نامی مالت حاصله} \\ \text{وزن نامی برآوردی} \times 100 = \text{راندمان مالت سازی (\%)} \quad (1)$$

### ۲-۲-۳- وزن هزار دانه

برای اندازه گیری وزن هزار دانه، تعداد ۱۰۰۰ دانه به طور تصادفی انتخاب و توزین گردید و نتیجه بر حسب گرم گزارش شد (۵).

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1 \cdot x_2 \quad (5)$$

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1 \cdot x_2$$

آنالیز آماری توسط نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2، صورت گرفت.

### ۲-۲-۴- دانسیته ذره ای $\rho_k$

با استفاده از پیکنومتر و بر اساس قانون جابه جایی سیال (تولون) حجم ۱۰ دانه‌ی توزین شده ( $m_k$ ) در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی گراد محاسبه شد و سپس از رابطه‌ی زیر، دانسیته‌ی دانه‌ای تعیین گردید (۲).

$$\rho_k = \frac{m_k}{v} \quad (2)$$

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- انتخاب مدل

مدل چند جمله‌ای ساده در مورد راندمان مالت سازی و مدل چند جمله‌ای درجه دوم در مورد وزن هزار دانه، دانسیته‌ی ذره‌ای، مقدار ازت و سرعت حد، در برآزش داده‌ها نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، اختلاف معنی‌داری داشتند ( $P < 0.01$ )، جدول ۱). مدل مناسب با توجه به معنی دار بودن آزمون F ( $P < 0.01$ ) و معنی دار نبودن مقدار فقدان برآزش ( $P > 0.01$ ) در مورد آن و همچنین مقادیر  $R^2$  و  $R^2$  اصلاح شده و ضریب تغییرات انتخاب شد. با توجه به جدول ۲ و مقادیر بالای  $R^2$  شاهد برآزش مناسب داده‌ها توسط مدل‌های انتخابی بودیم. مقدار  $R^2$  برای راندمان مالت سازی، وزن هزار دانه، دانسیته‌ی ذره‌ای، مقدار ازت و سرعت حد به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۹۵، ۰/۸۹، ۰/۹۳ و ۰/۹۱ بود. ضریب تغییرات بسیار پایین نیز دلیل دیگری بر این مدعاست که مدل‌ها برآزش مناسبی از داده‌ها داشتند. پارامترهای موثر در مدل‌های به دست آمده با توجه به آنالیز واریانس انجام شده، انتخاب و در مدل نهایی جای گذاری شدند.

### ۲-۲-۵- مقدار ازت

مقدار ازت در دانه‌ی جو و مالت با استفاده از دستگاه کج‌لدال تمام اتوماتیک اندازه گیری شد که شامل سه مرحله‌ی هضم، تقطیر و تیتراسیون بود. پس از تیتراسیون، مقدار ازت با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد (۶):

$$\text{مقدار ازت (\%)} = \frac{14.008 \times \text{مقدار ازت}}{\text{وزن نمونه}} \times 100 \quad (3)$$

### ۲-۲-۶- سرعت حد

سرعت حد دانه‌های مالت با استفاده از استوانه دارای جریان هوا اندازه گیری شد. مقدار مشخصی از دانه‌ها داخل استوانه به قطر ۱۵۰ میلی‌متر ریخته شد و سپس جریان هوا از پایین استوانه دمیده شد. سرعتی از جریان هوا که در آن دانه‌های جو به صورت معلق داخل استوانه قرار داده شوند به عنوان سرعت حد در نظر می‌گیرند. اندازه گیری سرعت با استفاده از آنومتر با دقت m/s ۰/۱ اندازه گیری شد (۱۲).

### ۲-۳- راندمان مالت سازی

با توجه به جدول تجزیه واریانس، پارامترهای  $b_0$ ،  $b_1$ ،  $b_2$  و  $b_{12}$ ، اثر معنی‌داری در مدل داشتند و پارامتر خطی روزهای جوانه زنی و اثر متقابل زمان خیس‌اندن و روزهای جوانه زنی، به ترتیب دارای بیشینه و کمینه‌ی اثرگذاری بر میزان راندمان مالت سازی بودند.

### 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 مالت سازی (%، وزن هزار دانه (g)، دانسیته‌ی ذره‌ای ( $\text{kg.m}^{-3}$ )، مقدار ازت (%) و سرعت حد ( $\text{m.s}^{-1}$ )، به عنوان

جدول ۱، انتخاب مدل برای راندمان مالت سازی، وزن هزاردانه، دانسیته ی ذره ای، مقدار ازت و سرعت حد

| مدل                 | راندمان مالت سازی |         | وزن هزاردانه |        | دانسیته ی ذره ای     |        | مقدار ازت |        | سرعت حد |       |
|---------------------|-------------------|---------|--------------|--------|----------------------|--------|-----------|--------|---------|-------|
|                     | مجموع             | سطح     | مجموع        | سطح    | مجموع                | سطح    | مجموع     | سطح    | مجموع   | سطح   |
| عرض از مبدا         | ۹۴۴۶۸/۰۸          |         | ۶۶۶۸/۳۹      |        | ۱/۵۴×۱۰ <sup>۷</sup> |        | ۸۵/۰۹     |        | ۱۶۲/۷۰  |       |
| مدل خطی             | ۶۵/۳۴             | <۰/۰۰۰۱ | ۸/۳۵         | ۰/۰۰۰۵ | ۲۳۰۲۶/۸۹             | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۷      | ۰/۲۵۸  | ۰/۵۴    | ۰/۳۵  |
| چندجمله ای          | ۵/۱۸              | ۰/۶۶۱۴  | ۰/۱۳         | ۰/۴۸۰۲ | ۱۲۰۶/۱۷              | ۰/۱۲۰۸ | ۰/۰۰۳     | ۰/۷۵۶۲ | ۰/۶۶    | ۰/۰۹  |
| چندجمله ای درجه دوم | ۰/۰۹۳             | <۰/۰۰۰۱ | ۱/۶۳         | ۰/۰۰۶۸ | ۳۰۱۱/۸۳              | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۲۲      | ۰/۰۰۰۲ | ۱/۴۲    | ۰/۰۰۲ |
| چندجمله ای درجه سوم | ۰/۴۵              | ۰/۰۹۷۵  | ۰/۴۲         | ۰/۰۱۳۳ | ۴۵۸/۶۵               | ۰/۰۶۲۹ | ۰/۰۱      | ۰/۱۶۸۹ | ۰/۰۰۲   | ۰/۹۸  |
| باقیمانده           | ۰/۲۹              |         | ۰/۰۹         |        | ۲۲۶/۷۴               |        | ۰/۰۱      |        | ۰/۲۷    |       |
| کل                  | ۹۴۵۳۹/۴۳          |         | ۶۶۷۹/۰۲      |        | ۱/۵۵×۱۰ <sup>۷</sup> |        | ۸۵/۴۱     |        | ۱۶۵/۵۹  |       |

جدول ۲، آنالیز واریانس پارامترهای راندمان مالت سازی، وزن هزاردانه، دانسیته ی ذره ای، مقدار ازت و سرعت حد

| Source          | درجه آزادی | راندمان مالت سازی |       |         | وزن هزاردانه |          |        | دانسیته ذره ای |          |       | مقدار ازت |          |       | سرعت حد |        |       |
|-----------------|------------|-------------------|-------|---------|--------------|----------|--------|----------------|----------|-------|-----------|----------|-------|---------|--------|-------|
|                 |            | مجموع             | سطح   | ضرایب   | مجموع        | سطح      | ضرایب  | مجموع          | سطح      | ضرایب | مجموع     | سطح      | ضرایب | مجموع   | سطح    |       |
| عرض از مبدا     | ۵          | ۸۹/۱۹۸۱۸          | ۷۰/۶۱ | <۰/۰۰۰۱ | ۳۲/۲۴        | ۱۰/۱۲    | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۱۳۶۸۸۲       | ۰/۷۳۸۶۵۵ | ۰/۰۰۳ | ۱/۰۶      | ۰/۲۹۴۵۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۴/۶۷    | ۲/۶۲   | ۰/۰۰۲ |
| A               | ۱          | ۰/۱۳۱۰۶           | ۱۱/۱۰ | <۰/۰۰۰۱ | -۰/۳۵        | ۴/۵۷۶۲۶۷ | ۰/۰۰۰۱ | -              | -        | -     | -         | -        | -     | ۰/۲۴    | ۰/۰۱   | ۰/۵۷  |
| B               | ۱          | -۰/۲۳۵۰۱          | ۵۴/۲۴ | <۰/۰۰۰۱ | -۰/۵۲        | ۳/۷۷۶۲۶۷ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۵۰۹۶۴۱       | ۰/۱۸۷۲۶۷ | ۰/۰۰۷ | ۰/۳۹      | ۰/۰۵۶۲۶  | ۰/۰۰۳ | -۲/۰۰   | ۰/۵۳   | ۰/۰۰۸ |
| A2              | ۱          | -                 | -     | -       | ۰/۰۰۴        | ۱/۱۱۹۱۱۹ | ۰/۰۰۵۹ | -۰/۰۰۱۹۱       | ۰/۲۰۹۹۱۸ | ۰/۰۰۵ | -۰/۰۰۱    | ۰/۰۳۷۴۴۱ | ۰/۰۰۹ | -۰/۰۰۵  | ۱/۲۲   | ۰/۰۰۱ |
| B2              | ۱          | -                 | -     | -       | -            | -        | -      | -              | -        | -     | -۰/۰۰۵    | ۰/۱۰۱۲۱۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۱۲    | ۰/۶۹   | ۰/۰۰۴ |
| AB              | ۱          | -۰/۰۴۷۴           | ۵/۱۷۶ | ۰/۰۰۰۲  | -            | -        | -      | -              | -        | -     | -         | -        | -     | ۰/۰۱۷   | ۰/۶۶   | ۰/۰۰۵ |
| باقیمانده       | ۷          | ۰/۷۴۵             |       |         | ۰/۵۱۶۴۵۳     |          |        | ۰/۰۹۰۷۴۵       |          |       |           | ۰/۰۲۰۳۹۴ |       |         | ۰/۲۷   |       |
| فقدان برازش     | ۳          | ۰/۵۳۷             | ۰/۱۳۲ |         | ۰/۴۷۲۷۳۳     | ۰/۰۱۳۱   |        | ۰/۰۷۷۴۶۵       | ۰/۰۳۸    |       | ۰/۰۱۰۴۴۸  | ۰/۳۶     |       | ۰/۲۵    | ۰/۰۱۴۲ |       |
| خطای خالص       | ۴          | ۰/۲۰۸             |       |         | ۰/۰۴۳۷۲      |          |        | ۰/۰۱۳۲۸        |          |       | ۰/۰۰۹۹۴۷  |          |       | ۰/۰۲    |        |       |
| مجموع مربعات کل | ۱۲         | ۷۱/۳۵             |       |         | ۱۰/۶۳۲۱۷     |          |        | ۰/۸۲۹۴         |          |       | ۰/۳۱۴۸۹۵  |          |       | ۲/۸۹    |        |       |
| R2              |            | ۰/۹۸۹۵            |       |         | ۰/۹۵۱        |          |        | ۰/۸۹۱          |          |       | ۰/۹۳      |          |       | ۰/۹۱    |        |       |
| R2 اصلاح شده    |            | ۰/۹۸۲۱            |       |         | ۰/۹۱۷        |          |        | ۰/۸۱۲          |          |       | ۰/۸۹      |          |       | ۰/۸۲    |        |       |
| ضریب تغییرات    |            | ۰/۳۸۲۸            |       |         | ۱/۲۰         |          |        | ۳/۲۵           |          |       | ۲/۱۱      |          |       | ۵/۵۸    |        |       |

### ۳-۴- دانسیته‌ی ذره‌ای

پارامترهای  $b_0$ ،  $b_1$  و  $b_{11}$ ، اثر معنی‌داری در سطح ۹۹٪ در مدل چند جمله‌ای درجه دوم، مربوط به دانسیته داشتند که پارامتر درجه‌ی دوم زمان جوانه‌زنی، بیش‌ترین اثر را بر تغییرات دانسیته داشت. می‌توان گفت با افزایش زمان جوانه‌زنی از ۳ روز به ۷ روز، در مدت زمان‌های طولانی‌تر خیس‌اندن، کاهش شدید دانسیته اتفاق افتاد. اما در زمان‌های کوتاه خیس‌اندن، با افزایش زمان جوانه‌زنی، دانسیته در ابتدا تغییر چندانی نداشت ولی در ادامه، دانسیته کاهش یافت. با افزایش زمان خیس‌اندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت، شاهد کاهش دانسیته بوده که این کاهش در مدت زمان‌های طولانی‌تر جوانه‌زنی مشهودتر از زمان‌های کوتاه‌تر بود. چون با افزایش مدت زمان خیس‌اندن و جوانه‌زنی، کاهش وزن بیش‌تر است در نتیجه دانسیته نیز کاهش می‌یابد به طوری که می‌توان گفت در زمان‌های کوتاه جوانه‌زنی، افزایش زمان خیس‌اندن تغییر چندانی در دانسیته به وجود نیاورده است. از آن جا که دانسیته‌ی ذره‌ای تحت تأثیر هم‌زمان وزن و حجم قرار دارد علت کاهش این ویژگی را می‌توان به کاهش وزن و افزایش حجم دانه طی فرآیند مالت‌سازی نسبت داد. در این تحقیق، کاهش دانسیته، مویید نتیجه‌ی عرب عامریان و همکاران (۱۳۸۹) است (۴).

### ۳-۵- مقدار ازت

مطابق با جدول تجزیه واریانس، پارامترهای  $b_0$ ،  $b_1$ ،  $b_2$  و  $b_{11}$  اثر معنی‌داری در مدل داشتند و در مدل نگه داشته شدند ( $P < 0.01$ ). با افزایش زمان جوانه‌زنی از سه روز به پنج روز، مقدار ازت افزایش یافت و این افزایش با زیاد شدن زمان خیس‌اندن از ۲۴ تا ۳۶ ساعت شدیدتر شد که احتمالاً علت این افزایش، کاهش وزن ماده‌ی خشک دانه‌ها در طول مالت‌سازی است. در نتیجه در یک وزن ثابت، تعداد دانه‌ها بیش‌تر و در نتیجه، درصد ازت، بیش‌تر است. به طوری که حداکثر میزان ازت در ۳۶ ساعت خیس‌اندن و ۵ روز جوانه‌زنی به دست آمد که نتایج این بخش با نتیجه‌ی تیان (۲۰۱۰) مطابقت داشت (۱۴). اما با افزایش زمان جوانه‌زنی از ۵ روز به ۷ روز درصد ازت کاهش یافت که این کاهش وقتی با افزایش زمان خیس‌اندن همراه شد با شیب بیش‌تری اتفاق افتاد و منجر به این شد که حداقل مقدار ازت در حداکثر زمان‌های مربوط به خیس‌اندن و جوانه‌زنی مشاهده شود که علت کاهش ازت دانه، مصرف بیش‌تر ازت جهت رشد آکروسپایر و ریشه‌چه طی مرحله جوانه‌زنی و جداسازی این بافت‌ها پس از خشک کردن محصول است. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج ویگارد و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت (۱۶).

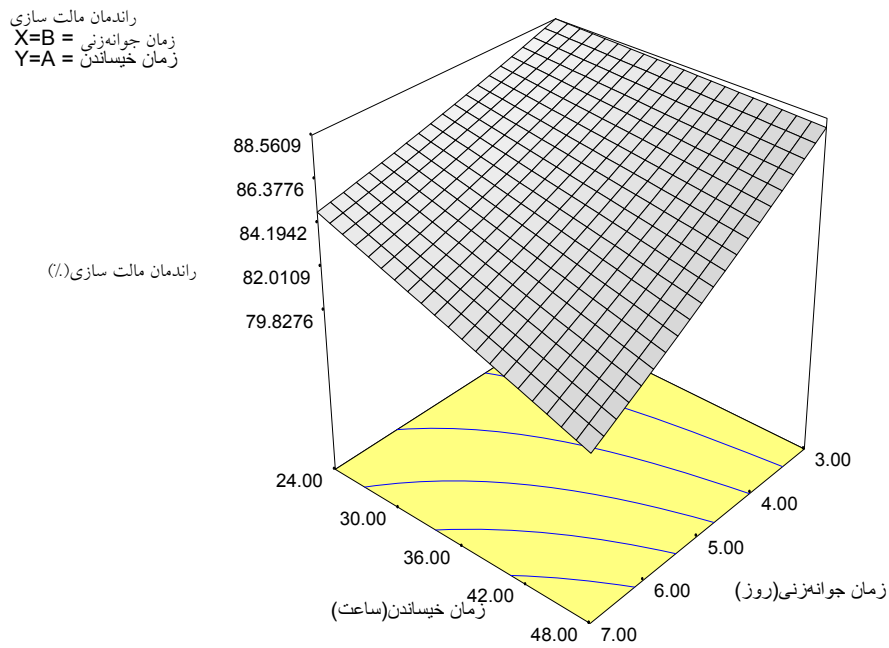
شکل ۱، نشان داد که در تمامی مدت زمان‌های خیس‌اندن با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی راندمان مالت‌سازی کاهش یافت. دلیل این کاهش را می‌توان به مصرف بیش‌تر ترکیبات تغذیه‌ای جهت رشد گیاهچه و ریشه‌چه در طی مرحله جوانه‌زنی نسبت داد. شدت این کاهش در مدت زمان‌های طولانی‌تر خیس‌اندن به خاطر تنفس سلولی شدیدتر، بیش‌تر بود.

همچنین با افزایش زمان خیس‌اندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت راندمان مالت‌سازی به خاطر خروج ترکیبات قابل حل در آب و تنفس دانه، کاهش یافت و در مدت زمان‌های طولانی‌تر جوانه‌زنی این کاهش محسوس‌تر بود به طوری که کم‌ترین راندمان مالت‌سازی در حداکثر زمان خیس‌اندن و جوانه‌زنی مشاهده شد که این امر به اثر متقابل کاهش‌ی این دو پارامتر مربوط می‌شود. می‌توان گفت که افزایش زمان خیس‌اندن در حداقل زمان جوانه‌زنی دارای اثر چندانی در راندمان مالت‌سازی نبوده است. نتایج این تحقیق با نظر تیان و همکاران (۲۰۱۰) که تغییرات فیزیکوشیمیایی دانه جوی دوسر را در طی مرحله‌ی جوانه‌زنی مورد بررسی قرار دادند، مطابقت داشت (۱۴).

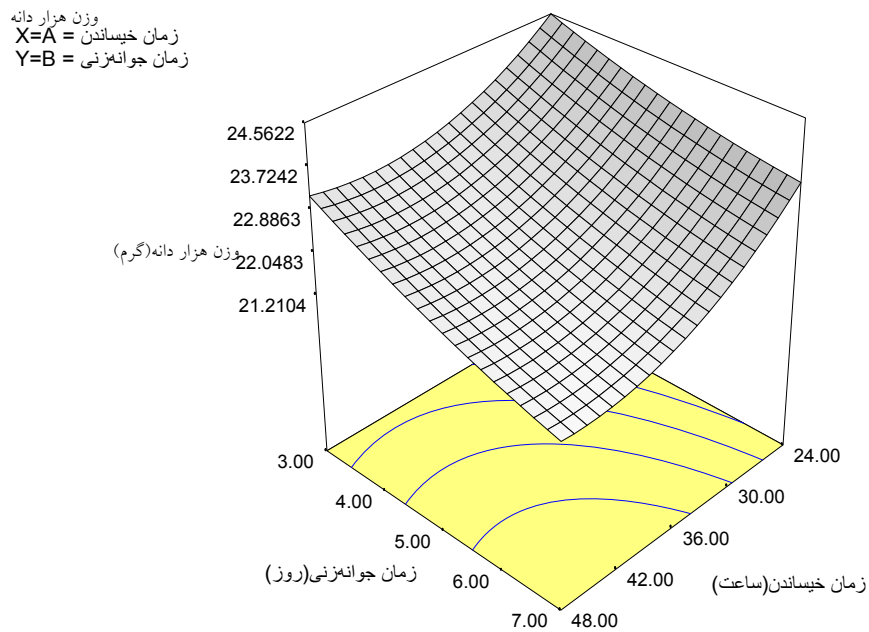
### ۳-۳- وزن هزار دانه

جدول تجزیه واریانس، نشان داد که پارامترهای  $b_0$ ،  $b_1$ ،  $b_2$  و  $b_{11}$ ، اثر معنی‌داری در مدل داشتند و پارامتر خطی زمان خیس‌اندن بیش‌ترین اثر را بر وزن هزاردانه داشت.

شکل ۲، نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان‌های جوانه‌زنی در تمامی زمان‌های خیس‌اندن، وزن هزار دانه کاهش یافته و همین‌طور با افزایش زمان خیس‌اندن، وزن هزار دانه کاهش یافت. علت کاهش وزن هزار دانه مالت، طی مرحله‌ی خیس‌اندن خروج ترکیبات قابل حل در آب و تنفس دانه و در طی مرحله جوانه‌زنی به دلیل مصرف ترکیبات تغذیه‌ای جهت رشد گیاهچه و ریشه‌چه اتفاق می‌افتد (۸، ۱۴، ۱۶). همچنین، نتایج مقایسه‌ی وزن هزار دانه طی فرآیند مالت‌سازی با نتایج حسینی قابوس (۱۳۸۳) مبنی بر کاهش میزان وزن هزار دانه در طی فرآیند مالتینگ همخوانی داشت (۱). شکل ۲، نشان داد که بیش‌ترین مقدار وزن هزار دانه به خاطر کم‌تر مصرف شدن ترکیبات تغذیه‌ای و همچنین تنفس کم‌تر در حداقل زمان خیس‌اندن و جوانه‌زنی مشاهده شد. کاهش وزن هزار دانه با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی در زمان‌های طولانی‌تر خیس‌اندن از شدت بیش‌تری نسبت به زمان‌های کوتاه خیس‌اندن برخوردار بوده است.

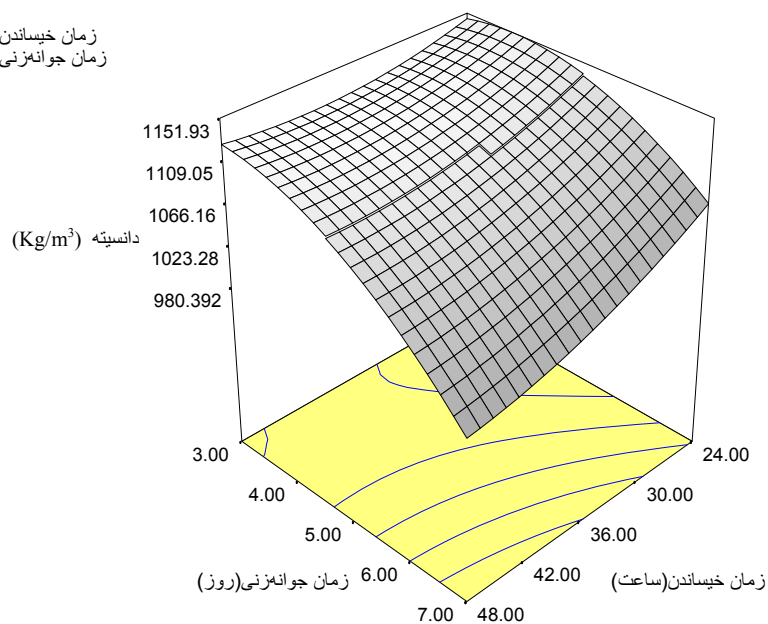


شکل ۱ - نمودار سه بعدی تغییرات میزان راندمان مالت سازی در طول مدت خیساندن و جوانه زنی



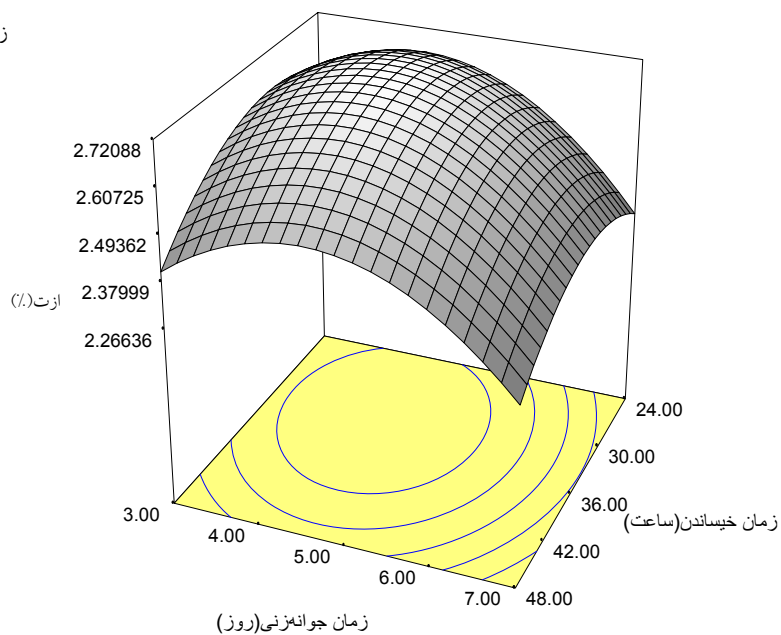
شکل ۲ - نمودار سه بعدی تغییرات میزان وزن هزار دانه در طول مدت خیساندن و جوانه زنی

دانسیته  
 $X=A$  = زمان خیساندن  
 $Y=B$  = زمان جوانه‌زنی



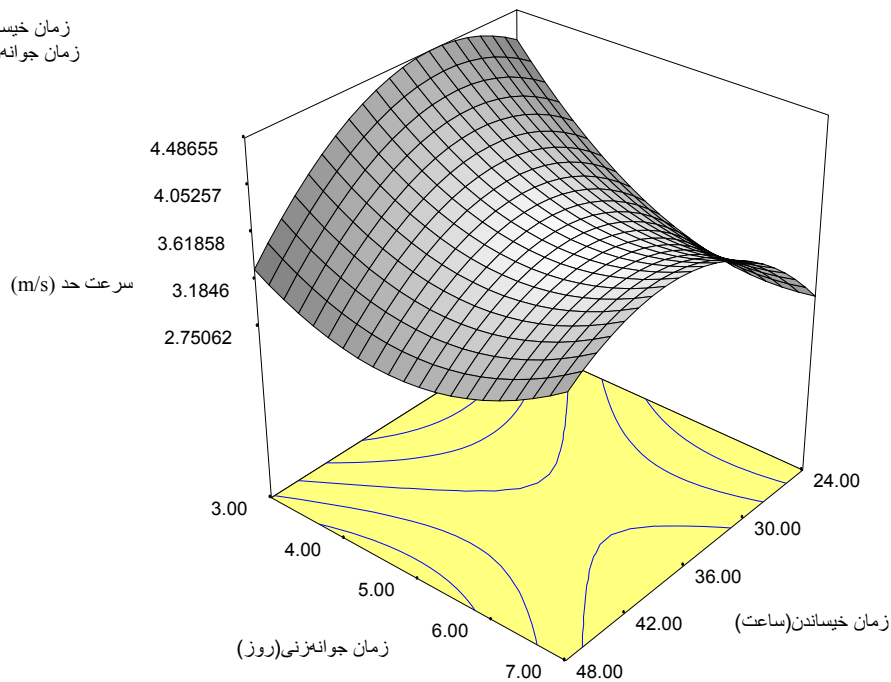
شکل ۳- نمودار سه بعدی تغییرات دانسیته در طول مدت خیساندن و جوانه‌زنی

%ازت  
 $X=A$  = زمان خیساندن  
 $Y=B$  = زمان جوانه‌زنی



شکل ۴ - نمودار سه بعدی تغییرات میزان درصد ازت در طول مدت خیساندن و جوانه‌زنی

سرعت حد  
 $X=A$  = زمان خیساندن  
 $Y=B$  = زمان جوانه زنی



شکل ۵ - نمودار سه بعدی تغییرات سرعت حد در طول مدت خیساندن و جوانه زنی

### ۳-۶- سرعت حد

جدول تجزیه واریانس، نشان داد که پارامتر درجه‌ی دوم زمان خیساندن و پارامتر خطی آن به ترتیب دارای بیشترین و کمترین اثر بر روی سرعت حد بودند. شکل ۶، نشان داد که افزایش زمان جوانه زنی از ۳ روز به ۵ روز در ۴۸ ساعت خیساندن، باعث کاهش سرعت حد شد که دلیل این امر احتمالاً افزایش حجم از  $3/43 m^3$  به  $3/65 m^3$  بود ولی در ۵ روز به ۷ روز باعث افزایش سرعت حد گردید که احتمالاً به خاطر کاهش حجم دانه‌ها از  $m^3$   $3/65$  به  $2/87 m^3$  بود. اما این تغییرات در برابر تغییرات ناشی از تغییر زمان خیساندن، چندان قابل توجه نبود به صورتی که در زمان‌های کوتاه جوانه‌زنی، با افزایش ساعات خیساندن از ۲۴ به ۳۶ ساعت، شاهد افزایش جزئی سرعت حد بودیم و پس از آن با افزایش زمان خیساندن، سرعت حد به شدت کاهش یافت که احتمالاً این کاهش نیز مربوط به کاهش حجم دانه‌های مالت بود. تغییرات سرعت حد در زمان‌های پایین خیساندن با افزایش زمان جوانه زنی از ۳ روز به ۵ روز، تقریباً دارای یک روند کاهشی ثابت بود.

### ۳-۷- بهینه‌سازی فرایند

شرایط مناسب برای تولید مالتی با حداکثر راندمان و مقدار ازت در شرایطی که دانسیته‌ی ذره‌ای، وزن هزار دانه و سرعت حد در محدوده محاسبه شده باشد در جدول ۳، آورده شده است. نتایج بهینه‌سازی نشان داد که برای رسیدن به مالتی با حداکثر راندمان و مقدار ازت، اعمال شرایط  $30/49$  ساعت برای خیساندن و  $3/71$  روز برای زمان جوانه زنی، منجر به ایجاد مالتی با درجه‌ی مطلوبیت<sup>۱</sup>  $89/4\%$  خواهد شد. تحت شرایط مذکور، مالتی با  $87/47\%$  راندمان و مقدار ازت  $2/69\%$  حاصل خواهد شد.

جدول ۳- بهینه‌سازی فرایند مالت سازی

| فاکتور               | کمترین مقدار | بیشترین مقدار | مقدار بهینه |
|----------------------|--------------|---------------|-------------|
| زمان خیساندن (ساعت)  | ۲۴           | ۴۸            | ۳۰/۴۹       |
| زمان جوانه زنی (روز) | ۳            | ۷             | ۳/۷۱        |
| مطلوبیت              |              |               | ۸۹/۴۰٪      |

<sup>۱</sup> - Desirability



#### ۴- نتیجه گیری

افزایش مدت زمان خیساندن و جوانه زنی باعث کاهش وزن هزار دانه، راندمان مالت سازی و دانسیته شد و اعمال شرایط ۳۰/۴۹ ساعت خیساندن و ۳/۷۱ روز جوانه زنی منجر به استحصال مالتی با حداکثر راندمان و مقدار ازت گردید.

#### ۵- منابع

- varieties. *Journal of Process Biochemistry*, 39(8), 1013-1016.
- 12- Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A. and Tabil, L.G. 2006. Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*, 72: 30-38.
- 13- Lowe, D. P. Ulmer, H. M. Sinderene, D. V. & Arendt, E. K. 2004. Application of biological acidification to improve the quality and process ability of wort produced from 50% raw barley. *Journal of the Institute of Brewing*, 110 (2), 133-140.
- 14- Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wua, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S., Deng, Q. 2010. Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Journal of Food Chemistry* 119.1195-1200.
- 15-USDA. 2010. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis . International Production Assessment Division. Washington, DC, USA
- 16- Wijngaard, H. H. Ulmer, H. M. Neumann, M., & Arendt, E. K. 2005. The effect of steeping on the final malt quality of buckwheat *Journal of the Institute of Brewing*. 111(3), 275-281.
- ۱- حسینی قابوس، س.ح. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت مالتینگ ارقام و لاین های جوی استان گلستان. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
- ۲- رضوی، م.ع. و اکبری، ر. ۱۳۸۵. *خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، ص ۳۰۴.
- ۳- کشیری، م. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت مالت جو، گندم و تریتی کاله و اثر اختلاط غلات کمکی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی عصاره ی تولیدی. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۴- عرب عامریان، ف. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر مدت زمان خیساندن و جوانه زنی روی میزان فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز دانه ی جو. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد سبزوار
- ۵- مؤسسه ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۲. غلات و فرآورده های آن - جو - ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد شماره ی ۴۷، چاپ دوم
- 6- Agu, R. C. 2002. A Comparison of maize, sorghum and barley as brewing adjuncts. *Journal of the Institute of Brewing*. 108(1), 19-22.
- 7- Agu, R. C. & palmer, G. H. 2003. Pattern of nitrogen distribution in barley grains grown in the field. *Journal of the Institute of Brewing*, 109, 110-113
- 8- Briggs, D. E. 1998. *Malt and malting*. Blackie academic and profession. London, 79 p.
- 9- Celuse, I. Brijs, K. & Delcour, A. 2006. The effect of malting and mashing on barley protein extractability. *Journal of Cereal Science*, 44(2), 203-211.
- 10- Dendy, D. A. V. & Dobraszczyk, B. J. 2001. *Cereal and products: chemistry and technology*. Aspen Publishers, Inc, 423 p.
- 11- Eneje, L. O. Ogu, E. O. Aloh, C. U. Oidbo, F. J. C. Agu, R. C. & Palmer, G. H. 2003. Effect of steeping and germination time on malting performance of Nigerian white and yellow maize