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

حمید بخش آبادی[1]*، حبیب الله میرزایی[2]، علی رضا قدس ولی[3]، امان محمد ضیایی فر[4]، عمادآیدانی[5]، مرتضی محمدی[5]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[2] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[3] استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان، ایران
[4] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[5] دانش آموخته ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت : 90/5/2 تاریخ پذیرش: 90/7/20

چکیده

مالت‌سازی یک روش پیچیده بیوتکنولوژی است که شامل مراحل خیساندن، جوانه‌زنی و خشک کردن مالت جوانه‌زده در شرایط کنترل شده دما و رطوبت می‌باشد. در این مطالعه، سرعت حد و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مالت حاصل از لاین EBYT88-17 جو، از جمله راندمان مالت‌سازی، مقدار ازت، وزن هزار دانه و دانسیته‌ی ذره‌ای اندازه‌گیری شد. برای بررسی این پارامترها و تهیه‌ی مالت از 3 زمان خیساندن (24، 36 و 48 ساعت) و 3 زمان جوانه‌زنی (3، 5 و 7 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 جوانه‌زنی، میزان وزن هزار دانه و دانسیته‌ی ذره‌ای کاهش یافت و با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرایند می‌توان بیان نمود که اعمال شرایط 30/49 ساعت خیساندن و 3/71 روز جوانه‌زنی منجر به استحصال مالتی با حداکثر راندمان و مقدار ازت گردید.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکو شیمیایی، مالت، سطح پاسخ.

* مسوول مکاتبه : h.bakhshabadi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

جو بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین غله مهم است که کشت آن به حدود ده هزار سال پیش باز می‌گردد (10). در جهان، جو با سطح زیر کشت 56 میلیون هکتار و تولید سالیانه 154 میلیون تن از جمله محصولات زراعی مهم به شمار می‌رود. سطح زیر کشت آن در ایران 1/3 میلیون هکتار با عملکرد 1/54 تن در هکتار و تولید سالیانه 2 میلیون تن می‌باشد(15). از جو به طور عمده در خوراک دام و صنعت مالت‌سازی استفاده می‌شود که مورد اخیر، مهم‌ترین کاربرد غذایی آن است (9). در صنعت مالت‌سازی از غلات مختلفی مانند جو، گندم، سورگوم، ارزن و تریتیکاله استفاده می‌گردد اما به‌دلیل 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 (10). از علل دیگر مناسب بودن جو برای مالت‌سازی، وجود سلول‌های ضخیم لایه‌ی آلورون است که موجب فعالیت آمیلولیتیک بالای آن می‌گردد (13). عنوان مالت از واژه Mealt یا مالت در زبان آنگلوساکسون استخراج شده و یا احتمالاً به کلمه‌ی Malled (Maule) 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 نانوایی، شربت عصاره‌ی مالت، غلات صبحانه‌ای، آنزیم دیاستاز، سرکه‌ی مالت و نوشیدنی‌های مالتی استفاده می‌شود (8).

در ارتباط با تاثیر فرایند مالت سازی بر دانسیته‌ی دانه‌ای، کشیری و همکاران (1386) عنوان کرده‌اند که دانسیته‌ی دانه‌ها در طی فرایند مالت سازی کاهش می‌یابد (3). انجی و همکاران (2003) بیان نموده‌اند هرچه مقدار پروتئین دانه‌ی اولیه بیش تر باشد سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و جوانه و در نتیجه، اتلاف مالت‌سازی بالاتر و راندمان استخراج عصاره‌ی آب گرم آن کم تر خواهد بود (11). بریجز (1998) گزارش نمود که مقدار جذب آب در یکنواختی مالت موثر است به‌طوری که افزایش رطوبت از 41٪ به 49٪ با توجه به جوانه‌زنی غیر یکنواخت سبب کاهش راندمان مالت‌سازی می‌گردد. خصوصیات آئرودینامیکی مانند سرعت حد محصولات کشاورزی در طراحی سیستم‌های انتقال با جریان هوا و تجهیزات جداسازی مهم و ضروری است (2).

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

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

لاین جو با نام EBYT88-17 مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان و مواد شیمیایی تولوئن، اسید سولفوریک، هیدروکسیدسدیم، سولفات مس از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده عبارتند از: دستگاه ژرمیناتور (Tabai Espec Corp، ژاپن)، الک آزمایشگاهی، دستگاه آسیاب(Huddinge 14105، سوئد)، دستگاه کجلدال (Auto Analyser 130 Tecator CO)، دستیکاتور، آون آزمایشگاهی(Memert، آلمان)، پیکنومتر، آنمومتر با دقت 0/1 متر بر ثانیه ساخت هلند و ترازوی دیجیتال(Gec Avery، ساخت انگلستان).

2-2- روش‌ها

2-2-1- 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 24، 36 و 48 ساعت تا رسیدن به میزان رطوبت نهایی 46-42٪ تحت فرآیند خیساندن قرار گرفتند (دمای آب حدود 20 درجه‌ی سانتی‌گراد و سختی آب حدود 250 پی.پی.ام). در مرحله‌ی بعدی دانه‌های خیسانده شده حاصل از سه زمان فوق به سه قسمت مساوی توزین و به داخل ژرمیناتور جهت طی شدن مدت زمان لازم 3، 5 و 7 روز برای جوانه‌زنی منتقل و دمای

ژرمیناتور درحدود 20-17 درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم گردید (7). در نهایت، نمونه‌ها در دمای 65-55 درجه‌ی سانتی‌گراد برای مدت 48-24 ساعت خشک گردید و سپس ریشه‌چه‌های آن ها به روش سایشی و با الک کردن جدا گردید.

2-2-2- راندمان مالت‌سازی

با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت 0/01 و با استفاده از معادله‌ی زیر به‌دست آمد:

Archive of SID

www.SID.ir

(معادله‌ی 1)

$$\text{راندمان مالت سازی}(\%) = \frac{\text{وزن دانه‌های مالت حاصله}}{\text{وزن دانه‌های جو اولیه}} \times 100$$

2-2-3- وزن هزار دانه

برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد 1000 دانه به‌طور تصادفی انتخاب و توزین گردید و نتیجه بر حسب گرم گزارش شد (5).

2-2-4- دانسیته ذره ای ρ_k

با استفاده از پیکنومتر و بر اساس قانون جابه‌جایی سیال(تولوئن) حجم 10 دانه‌ی توزین شده (m_k) در دمای 20 درجه‌ی سانتی گراد محاسبه شد و سپس از رابطه‌ی زیر، دانسیته‌ی دانه‌ای تعیین گردید (2).

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

2-2-5- مقدار ازت

مقدار ازت در دانه‌ی جو و مالت با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک اندازه‌گیری شد که شامل سه مرحله‌ی هضم، تقطیر و تیتراسیون بود. پس از تیتراسیون، مقدار ازت با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد (6):

(معادله‌ی 3) $$\text{ازت}(\%) = \frac{\text{عدد تیتر} \times 14.008}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

2-2-6- سرعت حد

سرعت حد دانه‌های مالت با استفاده از استوانه دارای جریان هوا اندازه گیری شد. مقدار مشخصی از دانه‌ها داخل استوانه به قطر 150 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 آنمومتر با دقت m/s 0/1 اندازه گیری شد (12).

2-2-7- 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 ($kg.m^{-3}$)، مقدار ازت (٪) و سرعت حد ($m.s^{-1}$)، 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 (معادله‌ی 4) و چند جمله ای درجه دوم (معادله‌ی 5) مورد بررسی قرار گرفتند.

(معادله‌ی 4)

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1.x_2$$

(معادله‌ی 5)

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

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

3- نتایج و بحث

3-1- انتخاب مدل

مدل چند جمله ای ساده در مورد راندمان مالت‌سازی و مدل چند جمله‌ای درجه دوم در مورد وزن هزار دانه، دانسیته‌ی ذره‌ای، مقدار ازت و سرعت حد، در برازش داده ها نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<0.01$، جدول 1). مدل مناسب با توجه به معنی دار بودن آزمون F ($P<0.01$) و معنی دار نبودن مقدار فقدان برازش ($P>0.01$) در مورد آن و همچنین مقادیر R^2 و R^2 اصلاح شده و ضریب تغییرات انتخاب شد. با توجه به جدول 2 و مقادیر بالای R^2 شاهد برازش مناسب داده‌ها توسط مدل‌های انتخابی بودیم. مقدار R^2 برای راندمان مالت‌سازی، وزن هزار دانه، دانسیته‌ی ذره‌ای، مقدار ازت و سرعت حد به ترتیب 0/99، 0/95، 0/89، 0/93 و 0/91 بود. ضریب تغییرات بسیار پایین نیز دلیل دیگری بر این مدعاست که مدل‌ها برازش مناسبی از داده‌ها داشتند. پارامترهای موثر در مدل‌های به دست آمده با توجه به آنالیز واریانس انجام شده ، انتخاب و در مدل نهایی جای‌گذاری شدند.

3-2- راندمان مالت‌سازی

با توجه به جدول تجزیه واریانس، پارامترهای b0، b1، b2 و b12 ، اثر معنی‌داری در مدل داشتند و پارامتر خطی روزهای جوانه‌زنی و اثر متقابل زمان خیساندن و روزهای جوانه‌زنی، به ترتیب دارای بیشینه و کمینه‌ی اثرگذاری بر میزان راندمان

Archive of SID

www.SID.ir

مالت‌سازی بودند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1، انتخاب مدل برای راندمان مالت سازی، وزن هزاردانه، دانسیته ی ذره‌ای، مقدار ازت و سرعت حد

	راندمان مالت‌سازی		وزن هزاردانه		دانسیته ی ذره‌ای		مقدار ازت		سرعت حد	
مدل	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال
عرض از مبدا	/08 94468		/39 6668		/54×10^7 1		85/09		162/70	
مدل خطی	65/34	0/0001 <	8/35	0/0005	/89 23026	0/0002	0/07	0/258	0/54	035
چندجمله‌ای	5/18	0/6614	0/13	0/4802	1206/17	0/1208	0/003	0/7562	0/66	0/09
چندجمله‌ای درجه دوم	0/093	0/0001 <	1/63	0/0068	3011/83	0/0027	0/22	0/0002	1/42	0/002
چندجمله‌ای درجه سوم	0/45	0/0975	0/42	0/0133	458/65	0/0629	0/01	0/1689	0/002	0/98
باقیمانده	0/29		0/09		226/74		0/01		0/27	
کل	/43 94539		/02 6679		/55×10^7 1		85/41		165/59	

Archive of SID

www.SID.ir

جدول2، آنالیز واریانس پارامترهای راندمان مالت سازی، وزن هزاردانه، دانسیته ی ذره‌ای، مقدار ازت و سرعت حد

Source	درجه آزادی	راندمان مالت‌سازی			وزن هزاردانه			دانسیته ذره‌ای			مقدار ازت			سرعت حد		
		ضرایب	مجموع مربعات	سطح احتمال	ضرایب	مجموع مربعات	سطح احتمال	ضرایب	مجموع مربعات	سطح احتمال	ضرایب	مجموع مربعات	سطح احتمال	ضرایب	مجموع مربعات	سطح احتمال
عرض از مبدا	5	89/19818	70/61	<0/0001	32/24	10/12	/0002	0/136882	/738655	/003	1/06	294501	/001	4/67	2/62	/002
A	1	0/13106	11/10	<0/0001	-0/35	576267	/0001	-	-	-	-	-	-	0/24	0/01	0/57
B	1	-0/23501	54/24	<0/0001	-0/52	776267	/0002	0/509641	/187267	/007	0/39	/05626	/003	-2/00	0/53	/008
A2	1	-	-	-	0/004	119119	/0059	-0/00191	/209918	/005	-0/001	037441	/009	-0/005	1/22	/001
B2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0/05	101212	/001	0/12	0/69	/004
AB	1	-0/0474	5/176	0/0002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/017	0/66	/005
باقیمانده	7		0/745			516453			/090745			020394			0/27	
فقدان برازش	3		0/537	0/132		472733	/0131		/077465	/038		010448	0/36		0/25	0/0142
خطای خالص	4		0/208			/04372			0/01328			009947			0/02	
مجموع‌مربعات‌کل	12		71/35			/63217			0/8294			314895			2/89	
R2		0/9895			0/951			0/891			0/93			0/91		
R2 اصلاح شده		0/9821			0/917			0/812			0/89			0/82		
ضریب‌تغییرات		0/3828			1/20			3/25			2/11			5/58		

Archive of SID

www.SID.ir

شکل 1، نشان داد که در تمامی مدت زمان‌های خیساندن با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی راندمان مالت‌سازی کاهش یافت. دلیل این کاهش را می‌توان به مصرف بیش تر 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، بیش تر بود.

همچنین با افزایش زمان خیساندن از 24 به 48 ساعت راندمان مالت سازی به خاطر خروج ترکیبات قابل حل در آب و تنفس دانه، کاهش یافت و در مدت زمان‌های طولانی تر جوانه زنی این کاهش محسوس‌تر بود به‌طوری که کم ترین راندمان مالت سازی در حداکثر زمان خیساندن و جوانه زنی مشاهده شد که این امر به اثر متقابل کاهشی این دو پارامتر مربوط می شود. می‌توان گفت که افزایش زمان خیساندن در حداقل زمان جوانه زنی دارای اثر چندانی در راندمان مالت‌سازی نبوده است. نتایج این تحقیق با نظر تیان و همکاران (2010) که تغییرات فیزیکوشیمیایی دانه جوی دوسر را در طی مرحله‌ی جوانه‌زنی مورد بررسی قرار دادند، مطابقت داشت (14).

3-3- 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 2، نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان‌های جوانه‌زنی در تمامی زمان‌های خیساندن، وزن هزار دانه کاهش یافته و همین طور 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(8، 14، 16). همچنین، نتایج مقایسه‌ی وزن هزار دانه طی فرآیند مالت‌سازی با نتایج حسینی قابوس (1383) مبنی بر کاهش میزان وزن هزار دانه در طی فرآیند مالتینگ همخوانی داشت (1). شکل2، نشان داد که بیش ترین مقدار وزن هزار دانه به خاطر کم تر مصرف شدن ترکیبات تغذیه‌ای و همچنین تنفس کم تر در حداقل زمان خیساندن و جوانه‌زنی مشاهده شد. کاهش وزن هزار دانه با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی در زمان های طولانی خیساندن از شدت بیش تری نسبت به زمان های کوتاه خیساندن برخوردار بوده است.

3-4- دانسیته‌ی ذره‌ای

پارامترهای b_0، b_1 و b_{11}، اثر معنی‌داری در سطح 99٪ در مدل چند جمله ای درجه دوم، مربوط به دانسیته داشتند که پارامتر درجه‌ی دوم زمان جوانه‌زنی، بیش ترین اثر را بر تغییرات دانسیته داشت. می‌توان گفت با افزایش زمان جوانه‌زنی از 3 روز به 7 روز، در مدت زمان‌های طولانی خیساندن، کاهش شدید دانسیته اتفاق افتاد. اما در زمان های کوتاه خیساندن، با افزایش زمان جوانه‌زنی، دانسیته در ابتدا تغییر چندانی نداشت ولی در ادامه، دانسیته کاهش یافت. با افزایش زمان خیساندن از 24 به 48 ساعت، شاهد کاهش دانسیته بوده که این کاهش در مدت زمان‌های طولانی‌تر جوانه‌زنی مشهودتر از زمان های کوتاه تر بود. چون با افزایش مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی، کاهش وزن بیش تر است در نتیجه دانسیته نیز کاهش می‌یابد به‌طوری که می‌توان گفت در زمان های 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، موید نتیجه‌ی عرب عامریان و همکاران (1389) است (4).

3-5- مقدار ازت

مطابق با جدول تجزیه واریانس، پارامترهای b_1، b_2، b_{11} و b_{22} 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 زیادشدن زمان خیساندن از 24 تا 36 ساعت شدیدتر شد که احتمالاً علت این افزایش، کاهش وزن ماده‌ی خشک دانه‌ها در طول مالت سازی است. در نتیجه در یک وزن ثابت، تعداد دانه‌ها بیش تر و در نتیجه، درصد ازت، بیش تر است. به‌طوری که حداکثر میزان ازت در 36 ساعت خیساندن و 5 روز جوانه‌زنی به دست آمد که نتایج این بخش با نتیجه‌ی تیان(2010) مطابقت داشت(14). اما با افزایش زمان جوانه‌زنی از 5 روز به 7 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 زمان های 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 خشک‌کردن محصول است. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج ویگارد و

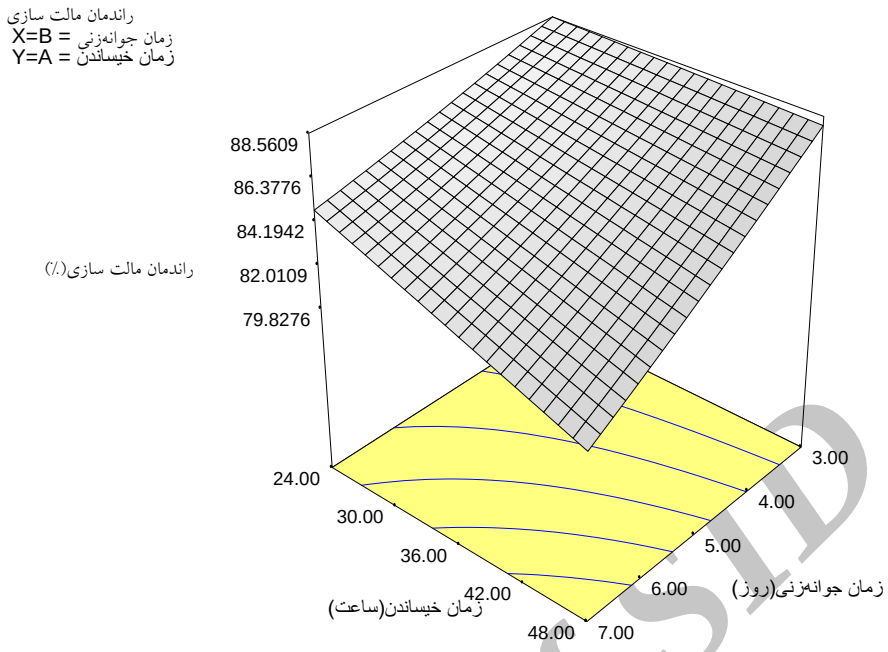
Archive of SID

www.SID.ir

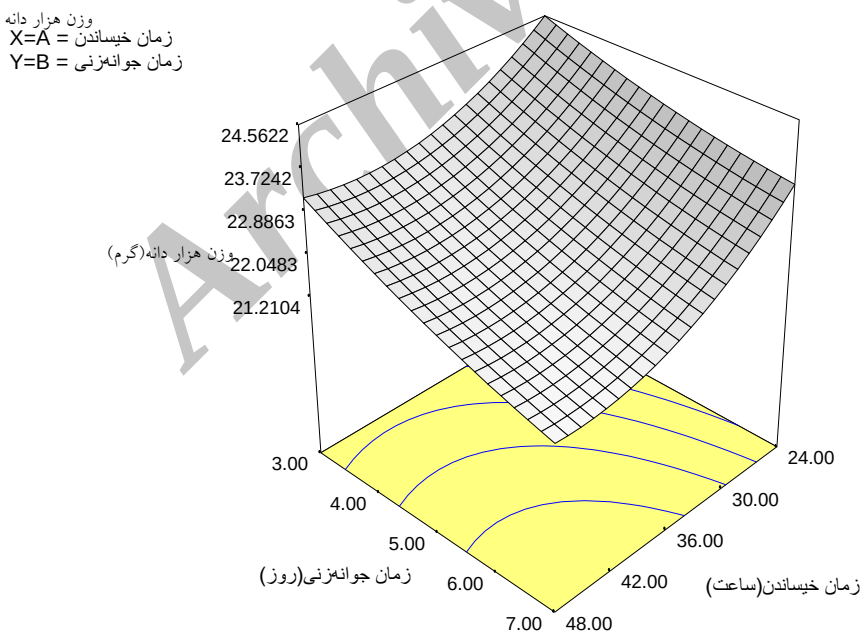
همکـــــــــاران(2005) مطابقـــــــــت داشـــــــــت (16).

Archive of SID

www.SID.ir



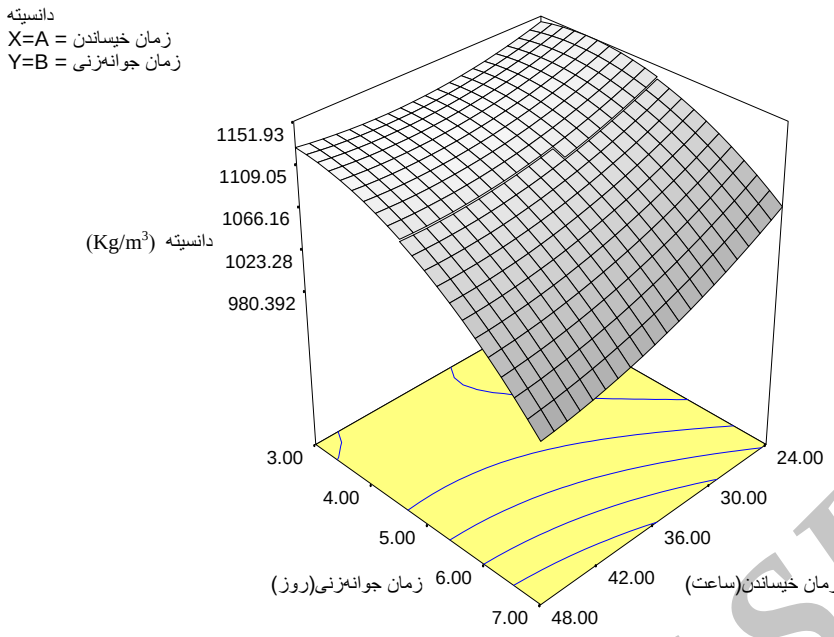
شکل 1 - نمودار سه بعدی تغییرات میزان راندمان مالت سازی در طول مدت خیساندن و جوانه زنی



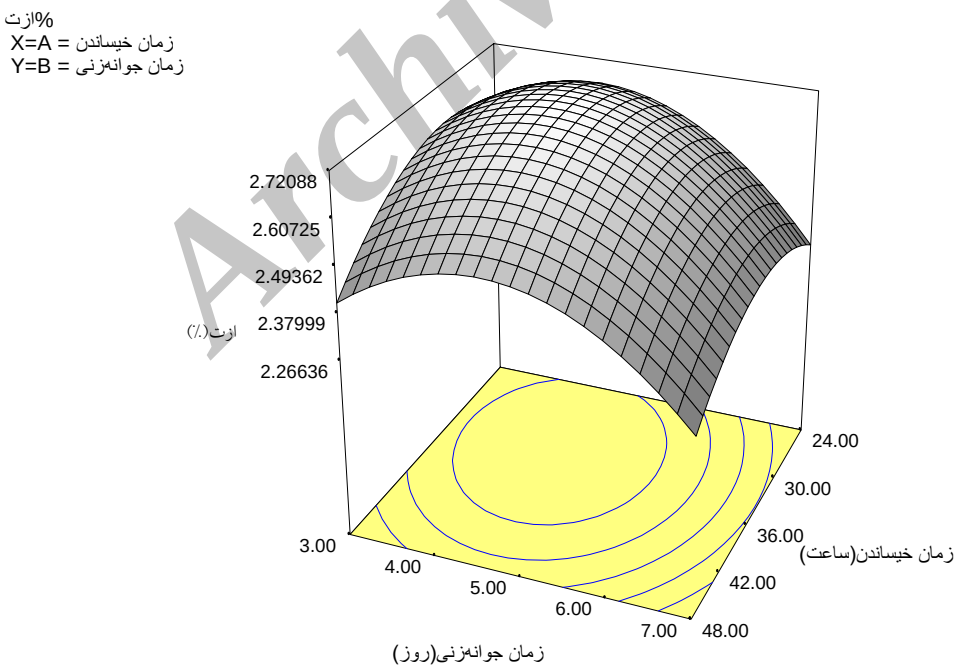
شکل 2 – نمودار سه بعدی تغییرات میزان وزن هزار دانه در طول مدت خیساندن و جوانه زنی

Archive of SID

www.SID.ir



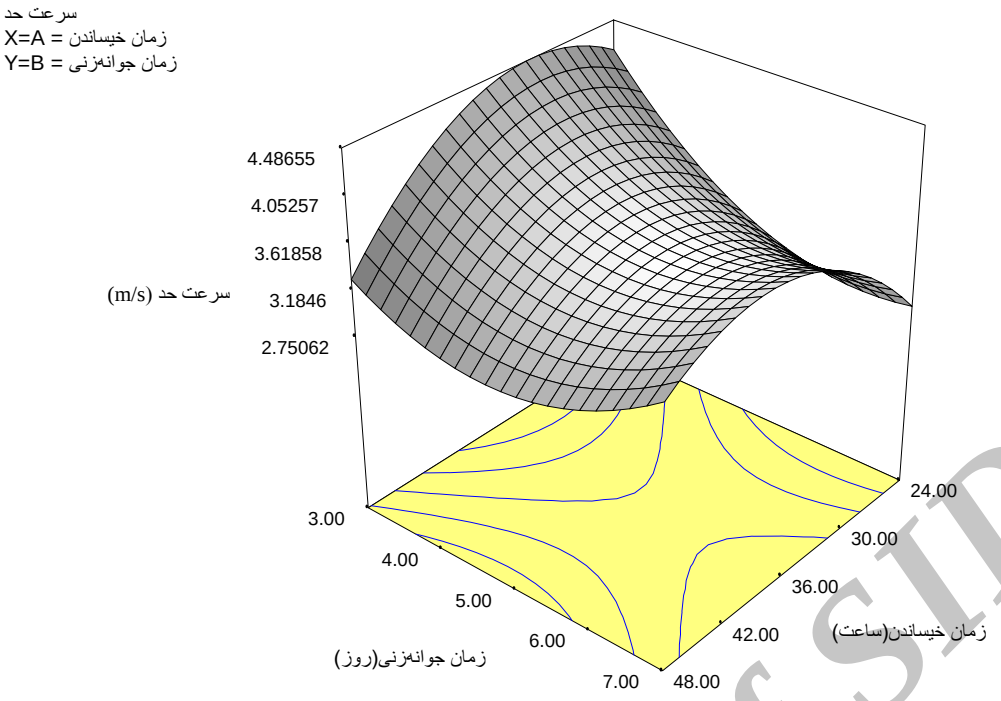
شکل 3- نمودار سه بعدی تغییرات دانسیته در طول مدت خیساندن و جوانه‌زنی



شکل4 - نمودار سه بعدی تغییرات میزان درصد ازت در طول مدت خیساندن و جوانه زنی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 5 - نمودار سه بعدی تغییرات سرعت حد در طول مدت خیساندن و جوانه زنی

3-6- سرعت حد

جدول تجزیه واریانس، نشان داد که پارامتر درجه‌ی دوم زمان خیساندن و پارامترخطی آن به‌ترتیب دارای بیش ترین و کم ترین اثر بر روی سرعت حد بودند. شکل 6، نشان داد که افزایش زمان جوانه زنی از 3 روز به 5 روز در 48 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 5 روز به 7 روز باعث افزایش سرعت حد گردید که احتمالاً به خاطر کاهش حجم دانه‌ها از $3/65 m^3$ 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 زمان های کوتاه جوانه‌زنی، با افزایش ساعات خیساندن از 24 به 36 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 زمان های پایین خیساندن با افزایش زمان جوانه زنی از 3 روز به 5 روز، تقریباً دارای یک روند کاهشی ثابت بود.

3-7- بهینه سازی 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 3، آورده شده است.

نتایج بهینه سازی 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[1] 89/4٪ خواهد شد. تحت شرایط مذکور، مالتی با 87/47٪ راندمان و مقدار ازت 2/69 ٪ حاصل خواهد شد.

جدول3- بهینه‌سازی فرایند مالت سازی

فاکتور	کم ترین مقدار	بیش ترین مقدار	مقدار بهینه
زمان خیساندن (ساعت)	24	48	30/49
زمان جوانه زنی (روز)	3	7	3/71
مطلوبیت			٪89/40

[1]- Desirability

Archive of SID

www.SID.ir

4- نتیجه‌گیری

افزایش مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی باعث کاهش وزن هزار دانه، راندمان مالت‌سازی و دانسیته شد و اعمال شرایط 30/49 ساعت خیساندن و 3/71 روز جوانه زنی منجر به استحصال مالتی با حداکثر راندمان و مقدار ازت گردید.

5-منابع

1- حسینی قابوس، س. ح. 1383. بررسی کیفیت مالتینگ ارقام و لاین‌های جوی استان گلستان. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

2- رضوی، م. ع. و اکبری، ر. 1385. *خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی و مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، ص .304

3- کشیری، م. 1386. بررسی کیفیت مالت جو، گندم و تریتیکاله و اثر اختلاط غلات کمکی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی عصاره‌ی تولیدی. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد ، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

4- عرب عامریان، ف. 1389. بررسی تاثیر مدت زمان خیساندن و جوانه زنی روی میزان فعالیت آنزیم بتاگلوکاناز دانه‌ی جو. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاداسلامی- واحد سبزوار

5- مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1382. غلات و فرآورده‌های آن - جو - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد شماره‌ی 47، 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 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.

Archive of SID

www.SID.ir