

اثر شرایط خیساندن و جوانه‌زنی بر خصوصیات کمی و کیفی عصاره مالت جو

علیرضا قدس‌ولی*، حمید بخش‌آبادی و مرتضی محمدی**

* نگارنده مسئول، نشانی: گلستان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، ص. پ. ۳۶۳-۴۹۱۶۵، تلفن: ۰۱۷۱)۳۳۵۰۰۶۳-۵

پيام‌نگار: qodsevali@yahoo.com

** به‌ترتیب: عضو هیات علمی (استادیار پژوهش) بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان؛ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۷

چکیده

مالت‌سازی فرآیند پیچیده زیست‌فناوری و شامل مراحل خیساندن، جوانه‌زنی و خشک کردن و پروردن دانه‌های غلات در شرایط کنترل شده دما و رطوبت نسبی است. در این پژوهش، تأثیر مدت زمان خیساندن (۲۴، ۳۶، و ۴۸ ساعت) و جوانه‌زنی (۳، ۵، و ۷ روز) روی خصوصیات کمی و کیفی عصاره مالت (راندمان عصاره‌گیری گرم، رنگ عصاره، نیتروژن انحلال‌پذیر، شاخص کلباچ، مواد جامد انحلال‌پذیر کل، و راندمان عصاره‌گیری سرد) تهیه شده از لاین EBYT88-17 جو بررسی شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج و بهینه‌سازی فرایند به روش سطح پاسخ اجرا شد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان خیساندن در مدت زمان‌های طولانی جوانه‌زنی، راندمان عصاره‌گیری گرم روند افزایشی قابل توجهی دارد. میزان رنگ عصاره نیز با افزایش مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی افزایش می‌یابد و مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر عصاره از ۰/۸۱ تا ۰/۴۶ درصد تغییر می‌کند. نتایج بهینه‌سازی فرایند نیز حاکی از این بود که اعمال شرایط ۴۷/۹۹ ساعت خیساندن و ۶/۸۹ روز جوانه‌زنی، به استحصال عصاره‌ای می‌انجامد با حداکثر راندمان سرد و گرم و مواد جامد انحلال‌پذیر کل.

واژه‌های کلیدی

روش سطح پاسخ، خصوصیات کمی و کیفی، عصاره مالت

جو از محصولات زراعی استراتژیک و مورد حمایت

سیاست‌های نوین کشاورزی و از نباتات علوفه‌ای کشور است. محققان و مراکز تحقیقات بین‌المللی علاوه بر کیفیت علوفه‌ای ارقام جو به کیفیت مالت تولیدی از آن‌ها نیز توجه خاص دارند؛ این موضوع در سال‌های اخیر در ایران مورد توجه خاص قرار گرفته است (Ghodsvali, 1996).

میزان تولید جو در ایران در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۳/۴۵ میلیون تن بوده است، استان خراسان رضوی

مقدمه

مالت‌سازی روش پیچیده زیست‌فناوری و شامل مراحل خیساندن، جوانه‌زنی و خشک کردن و پروردن دانه‌های غلات در شرایط کنترل شده دما و رطوبت است (Jones, 2005). مهم‌ترین هدف آن سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک و تجزیه دیواره سلولی، پروتئین و نشاسته آندوسپرم است که منجر به افزایش تردی و شکنندگی مطلوب دانه می‌شود (Celuse et al., 2006).

مواد و روش‌ها

مواد

لاین جو EBYT88-17 مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و مواد شیمیایی تولوئن، اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم، و سولفات مس از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

روش‌ها

دانه‌های جو پس از تمیز و بوجاری شدن با الک و به صورت دستی، 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 درصد تحت فرآیند خیساندن قرار گرفتند (دمای آب حدود ۲۰ درجه سلسیوس با سختی حدود ۲۵۰ پی. پی. ام). در مرحله بعد، دانه‌های خیسانده شده حاصل از سه زمان گفته شده به سه قسمت مساوی توزین و برای جوانه‌زنی به داخل دستگاه جوانه‌زنی خودکار مجهز به کنترل دما و رطوبت نسبی (دستگاه ESPEC مدل PR-2F ساخت کشور ژاپن) جهت طی شدن مدت زمان لازم ۳، ۵، و ۷ روز انتقال داده شدند، دمای دستگاه جوانه‌زنی در حدود ۲۰-۱۷ درجه سلسیوس تنظیم شد (Agu, 2003).

توده نمونه‌ها برای ممانعت از کپک‌زدگی احتمالی، زیر و رو و به هم زده می‌شد. نمونه‌ها در دمای ۶۵-۵۵ درجه سلسیوس برای مدت ۴۸-۲۴ ساعت خشک شدند و ریشه‌چه‌های آن‌ها به روش سایشی و با الک کردن جدا شد و برای عصاره‌گیری با آب گرم، مالت نرم آسیابی تحت عمل عصاره‌گیری به روش زمان‌بندی درجه حرارت قرار داده شد (Cunniff, 1997).

ابتدا ۵۰ گرم مالت آسیابی نرم توزین و به بشر حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ۴۶ درجه سلسیوس اضافه شد و پس از مخلوط کردن، به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۴۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس دمای خیسانده شده

با ۱۶/۶۸ درصد از تولید جو کشور، مقام نخست را دارد و استان‌های کرمانشاه، همدان، اصفهان، گلستان، و تهران به ترتیب با ۸/۷۴، ۷/۷۲، ۵/۶۲، ۵/۴۷، و ۵/۳۲ درصد از کل تولید جو کشور مقام‌های دوم تا ششم را دارا هستند (Anon, 2008).

از بین تمامی آزمون‌های کیفی مالت، آزمایش استخراج عصاره با آب گرم بیشترین اطلاعات را ارائه می‌دهد و ارتباط خوبی با سایر آنالیزها از جمله مدت زمان استخراج، تولید عصاره، حجم و ثقل ویژه عصاره جمع‌آوری شده دارد و همچنین برای مالت‌های کم‌رنگ، میزان نیتروژن کل حدود ۱/۴۵ - ۱/۴۵ درصد بر اساس وزن خشک دانه است (Agu, 2003).

بتی (Bhatty, 1996) معتقد است که افزایش مدت زمان خیساندن جوهای بدون پوسته منجر به جذب رطوبت اضافی تا ۵۱/۶ درصد و در نتیجه باعث افزایش اندیس کلباج می‌شود. بازدهی عصاره گرم، کیفیت رنگ، میزان قندهای کاهنده، و مقدار اسیدهای آمینه از مهم‌ترین خصوصیات مالت است (Kent & Evers, 1994). استخراج با آب گرم در واقع بیانگر کمیت مواد جامد انحلال‌پذیر در عصاره شیرین است که در فرایند عصاره‌گیری در مقیاس کوچک، از مالت یا سایر مواد افزوده شده به آرد مالت، به دست می‌آید (Briggs et al., 1990) و بین بازدهی استخراج عصاره آب سرد با میزان تغییرات طی جوانه‌زنی، ارتباط مستقیم وجود دارد (Briggs, 1998).

با توجه به تأثیر مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی در تولید عصاره مالت و کافی نبودن کارهای پژوهشی در این زمینه و به دلیل معرفی لاین‌ها و ارقام جدید، تحقیق حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی عصاره مالت و تعیین بهترین مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی برای تولید عصاره‌ای با بیشینه راندمان و مواد جامد انحلال‌پذیر کل اجرا شد.

تعیین مواد جامد انحلال‌پذیر کل (بریکس) عصاره
پس از اندازه‌گیری وزن مخصوص عصاره با پیکنومتر، با مراجعه به جدول پلاتو مواد جامد انحلال‌پذیر تعیین شد (Anon, 2005).

تعیین نیتروژن انحلال‌پذیر کل عصاره
مطابق با روش کجدال (Anon, 2003) و با دستگاه ماکروکلدال اتوماتیک Auto Analyser 1030 Tecator نیتروژن انحلال‌پذیر کل تعیین شد.

نسبت نیتروژن انحلال‌پذیر به نیتروژن کل یا شاخص کلباچ

پس از تعیین نیتروژن کل مالت و نیتروژن انحلال‌پذیر کل عصاره با دستگاه ماکروکلدال اتوماتیک، نسبت نیتروژن انحلال‌پذیر به نیتروژن کل با استفاده از رابطه ۳ تعیین شد (Anon, 2003).

$$\text{شاخص کلباچ} = \frac{\text{نیتروژن انحلال‌پذیر}}{\text{نیتروژن کل مالت}} \quad (3)$$

تعیین راندمان استخراج با آب سرد

بیست و پنج گرم مالت آسیابی نرم به بشر حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ۲۰ درجه سلسیوس اضافه و مخلوط حاصل، ۲/۵ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری و هر ۲۰ دقیقه یک بار به هم زده شد. خیسانده مالت با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۱ و به کمک پمپ خلأ صاف و وزن مخصوص مایع آبکی حاصل از عملیات صاف کردن خیسانده مالت به کمک پیکنومتر اندازه‌گیری شد. با مراجعه به جدول پلاتو بریکس عصاره آب سرد تعیین و از رابطه ۱ بازدهی عصاره آب سرد محاسبه شد (Briggs et al., 1990; Anon, 1989).

تجزیه و تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی فرآیند تولید مالت از جو لاین EBYT88-17، از طرح مربع مرکزی با دو فاکتور استفاده شد. این طرح یکی از رایج‌ترین و اصولی‌ترین طرح‌های

مالت هر دقیقه، ۱ درجه سلسیوس بالا برده شد تا به ۷۰ درجه سلسیوس رسید. در این هنگام پس از افزودن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ۷۰ درجه سلسیوس، مخلوط به مدت ۶۰ دقیقه در این دما نگهداری شد. مخلوط حاصل پس از سرد شدن با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ و به کمک پمپ خلأ صاف و عصاره شیرین از باقیمانده مالت جدا شد.

تعیین راندمان استخراج با آب گرم

پس از تهیه عصاره به روش زمان‌بندی درجه حرارت، وزن مخصوص عصاره حاصل به کمک پیکنومتر تعیین و سپس با مراجعه به جدول پلاتو، بریکس ورت اندازه‌گیری و از رابطه ۱، درصد راندمان عصاره آب گرم تعیین شد (Harris, 1962; Pollock, 1962; Anon, 1975; Anon, 1976; Anon, 1977).

$$E = \frac{(800 + M)P}{100 - P} \quad (1)$$

که در آن،

E = درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم بر اساس ماده خشک؛ M = درصد رطوبت در مالت؛ و P = میزان مواد جامد انحلال‌پذیر کل در ۱۰۰ گرم عصاره بر حسب گرم با استفاده از جدول پلاتو است.

تعیین رنگ عصاره

پس از تهیه عصاره به روش زمان‌بندی درجه حرارت، به ۱۰۰ میلی‌لیتر آن، ۵ گرم سلیت برای شفاف کردن اضافه و مخلوط حاصل ۵ دقیقه نگهداری شد. مخلوط سپس با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و در نهایت با استفاده از رابطه ۲ رنگ عصاره محاسبه شد (Anon, 2005).

$$A_{430} = 10 \times A \quad (2)$$

A_{430} میزان جذب خوانده شده عصاره با اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر است.

a, b, و c به ترتیب تعداد نقاط مرکزی، تعداد متغیرهای ثابت و اعداد متغیرهای ثابت هستند. در این طرح، ساعات خیساندن و روزهای جوانه‌زنی دو متغیر از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در تولید مالت انتخاب شده و به ترتیب به صورت X_1 و X_2 در طرح قرار گرفتند. طراحی آزمایش‌ها، بهینه‌سازی فرآیند، و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Design Expert نسخه 8.0.0 انجام شد.

مورد استفاده در روش‌شناسی سطح پاسخ است (Singh et al., 2010). تعداد آزمایش‌های مورد نظر در این طرح با ۵ نقطه مرکزی، ۱۳ بود که با استفاده از رابطه ۴ محاسبه و به کار گرفته شد:

$$a + 2b + 2^c = \text{تعداد کل آزمایش‌ها} \quad (4)$$

که در آن؛

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن‌ها در روش سطح پاسخ

سطوح		متغیرهای مستقل
۱	۰	
۴۸	۳۶	زمان خیساندن (ساعت)
۷	۵	زمان جوانه‌زنی (روز)

داده‌های حاصل از کار آزمایشگاهی داشت.

رابطه کلی چند جمله‌ای درجه دوم به صورت رابطه ۵ قابل ارائه است. که در آن Y_k از Y_1 تا Y_6 به ترتیب برابر است با پاسخ به دست آمده برای راندمان عصاره‌گیری گرم، رنگ، نیتروژن انحلال‌پذیر، شاخص کلباچ، مواد جامد محلول انحلال‌پذیر کل، و راندمان عصاره‌گیری سرد؛ $\beta_0, \beta_i, \beta_{ii}$ و β_{ij} به ترتیب ضرایب معادل رگرسیونی برای عرض از مبدأ، حالت خطی، درجه دوم، و اثر متقابل متغیرهای مستقل مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی است که به ترتیب با x_1 و x_2 نشان داده شدند.

پارامترهای مؤثر در مدل‌های به دست آمده در مورد هر متغیر، با توجه به تجزیه واریانس انجام شده و جدول ANOVA انتخاب و در مدل نهایی جایگذاری شدند. روابط به دست آمده، در محدوده تغییرات متغیرهای مستقل قادر به پیش‌بینی فرآیند هستند.

نتایج و بحث

انتخاب مدل

با توجه به معنی‌دار بودن آزمون $F (p < 0.01)$ و معنی‌دار نبودن مقدار فقدان برازش $(p > 0.01)$ در مورد آن و همچنین مقادیر R^2 adj, R^2 و ضریب تغییرات، مدل مناسب انتخاب شد. جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل چند جمله‌ای درجه دوم، با توجه به این که اختلاف معنی‌داری با سایر مدل‌ها دارد $(p < 0.01)$ و مقدار به دست آمده آزمون فقدان برازش مدل مورد نظر نیز برای تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل راندمان عصاره‌گیری گرم و سرد، رنگ، نیتروژن انحلال‌پذیر، شاخص کلباچ، و مواد جامد انحلال‌پذیر کل، معنی‌دار نبود $(p > 0.01)$ و در نتیجه، در بررسی روند تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر ضریب تبیین (R^2) و ضریب تبیین اصلاح شده (R^2 adj) بالا و همچنین ضریب تغییرات پایین در مورد پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان از عملکرد مناسب مدل در برازش

$$Y_{K1-7} = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} \cdot x_i^2 + \sum_{i=1}^1 \sum_{j=i+1}^2 \beta_{ij} x_i \cdot x_j \quad (5)$$

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای راندمان عصاره گیری گرم، رنگ عصاره، نیتروژن انحلال پذیر، شاخص کلباچ، بریکس و راندمان عصاره گیری سرد

ضریب تغییرات	R ² اصلاح شده	R ²	مجموع مربعات کل	خطای خالص	فقدان برازش	باقیمانده	B ²	A ²	AB	B	A	عرض از مبدا	Model	Source	
			۱۲	۴	۳	۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۵	درجه آزادی	
۰/۳۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۷۸/۴۰	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۷۹	۰/۰۲	۰/۱۶	-	۱/۲۲	۵۴/۹۱	-	ضرایب	راندمان عصاره گیری گرم
					۰/۱۲		۲۷/۹۴	۲۹/۲۸	۵۷/۰۸	-	۱۲۸/۴۴		۲۷۸/۲۰	مجموع مربعات	
							<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	سطح احتمال	
۰/۲۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۱۵۶/۴۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۲/۴۲	۱/۴۴	۱۶/۷۹	-	ضرایب	رنگ عصاره
					۰/۴۴		۶/۰۸	۰/۱۵	۳۲/۵۳	۷/۶۶	۱۵۶/۴۳		۱۰۹/۶۵	مجموع مربعات	
							<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	سطح احتمال	
۲/۸۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۱۳	۲×۱۰ ^{-۴}	۲/۲×۱۰ ^{-۴}	۳/۴×۱۰ ^{-۴}	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۲۵	-	ضرایب	نیتروژن انحلال پذیر
					۰/۲۰		۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۲	۰/۰۷		۰/۱۳	مجموع مربعات	
							<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	سطح احتمال	
۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۳۰/۲۱	۱/۷×۱۰ ^{-۴}	۲/۹×۱۰ ^{-۴}	۴/۶×۱۰ ^{-۴}	۰/۱۷	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۵۴	۲/۱۸	۹/۲۳	-	ضرایب	شاخص کلباچ
					۰/۲۳		۶۴/۱۹	۵/۶۳	۱۲/۷۳	۸۶/۰۹	۶۵/۹۹		۲۳۰/۲۱	مجموع مربعات	
							<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	سطح احتمال	
۰/۲۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۴/۳۲	۴/۸×۱۰ ^{-۴}	۸/۲×۱۰ ^{-۴}	۰/۰۰۱	۰/۰۲	-	۰/۰۴	-	۰/۳۵	۶/۳۸	-	ضرایب	بریکس
					۰/۲۲		۰/۶۲	-	۱/۶۹	-	۱/۷۷		۴/۳۲	مجموع مربعات	
							<۰/۰۰۱	-	<۰/۰۰۰۱	-	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	سطح احتمال	
۰/۱۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۴۳/۷۶	۴/۸×۱۰ ^{-۴}	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۷	۰/۳۱	۶/۵×۱۰ ^{-۴}	۰/۹۳	۰/۶۶	۹/۰۱	-	ضرایب	راندمان عصاره گیری سرد
					۰/۱۱		۱۱/۵۹	۴/۲۱	۲/۴۴	۳/۸۴	۲۳/۴		۴۳/۷۶	مجموع مربعات	
							<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	سطح احتمال	

۶۳

راندمان عصاره‌گیری گرم

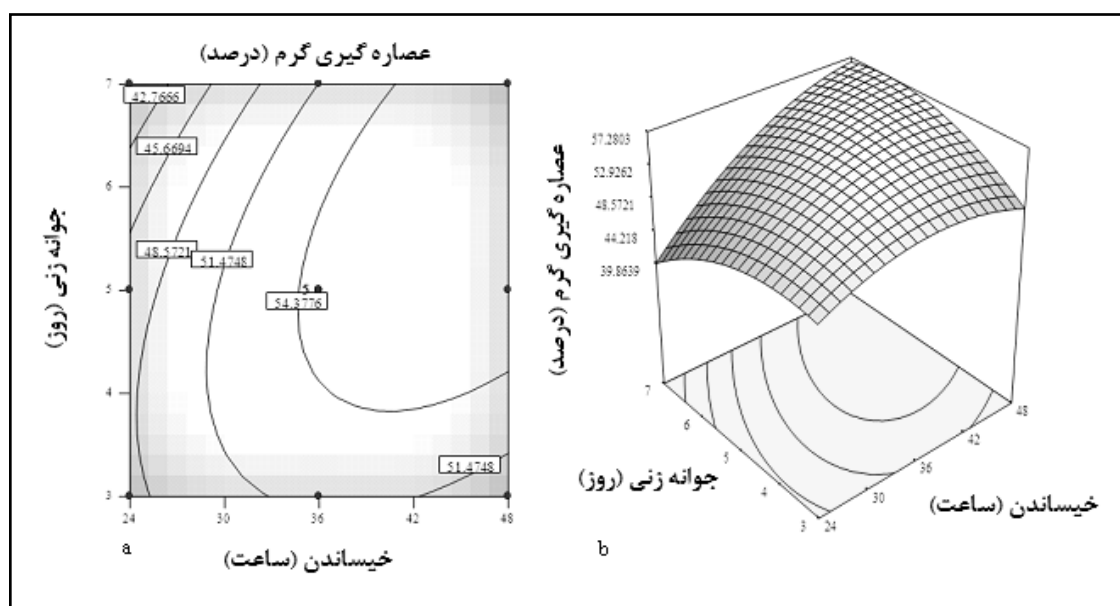
و روزهای جوانه‌زنی متفاوت است.

شکل ۱- b به نمودار سطح پاسخ راندمان عصاره‌گیری گرم در برابر دو متغیر ثابت مطالعه مربوط می‌شود. با افزایش زمان خیساندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت با تعداد روزهای جوانه‌زنی کم (۳ روز)، راندمان عصاره‌گیری گرم ابتدا افزایش می‌یابد و سپس ثابت می‌ماند و تغییر چندانی نمی‌کند. اما با افزایش ساعات خیساندن در تعداد روزهای جوانه‌زنی زیاد (۷ روز)، راندمان عصاره‌گیری گرم، همواره روند افزایشی دارد. دلیل این اتفاق را می‌توان به جذب بیشتر آب و رطوبت در مدت زمان خیساندن نسبت داد که منجر به شکستگی بیشتر و کاهش مقدار بتاگلوکان و در نهایت افزایش راندمان عصاره‌گیری گرم می‌شود (Bhatty, 1996). همچنین با تغییر تعداد روزهای جوانه‌زنی از ۳ به ۷ روز در زمان خیساندن ۲۴ ساعت، راندمان عصاره‌گیری گرم روند کاهشی دارد که این تغییر در ساعات خیساندن زیاد (۴۸ ساعت)، دارای روند افزایشی ضعیفی است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که پارامتر خطی مدت زمان خیساندن، اثر متقابل مدت زمان جوانه‌زنی و خیساندن، و پارامترهای درجه دوم مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی اثر معنی‌داری در مدل دارند ($p < 0.01$) و بیشینه اثرگذاری در راندمان عصاره‌گیری گرم به پارامتر خطی مدت زمان خیساندن و کمینه آن به پارامتر درجه دوم تعداد روزهای جوانه‌زنی مربوط است که رابطه نهایی مدل به صورت رابطه ۶ می‌شود:

$$Y = 54.91 + 1.22x_1 + 0.16x_1 \cdot x_2 - 0.02x_1^2 - 0.79x_2^2 \quad (6)$$

شکل ۱- a طرح خطی تغییرات راندمان عصاره‌گیری گرم در برابر روزهای جوانه‌زنی و زمان خیساندن را نشان می‌دهد. تمامی نقاطی که روی یک خط مشترک قرار دارند، میزانی ثابت از راندمان عصاره‌گیری گرم را نشان می‌دهند با این تفاوت که برای هر نقطه، ساعات خیساندن



شکل ۱- a) طرح خطی تغییرات، میزان راندمان عصاره‌گیری گرم (درصد) در برابر مدت زمان خیساندن (ساعت) و جوانه‌زنی (روز). b) نمودار سطح پاسخ راندمان عصاره‌گیری گرم (درصد).

رنگ عصاره

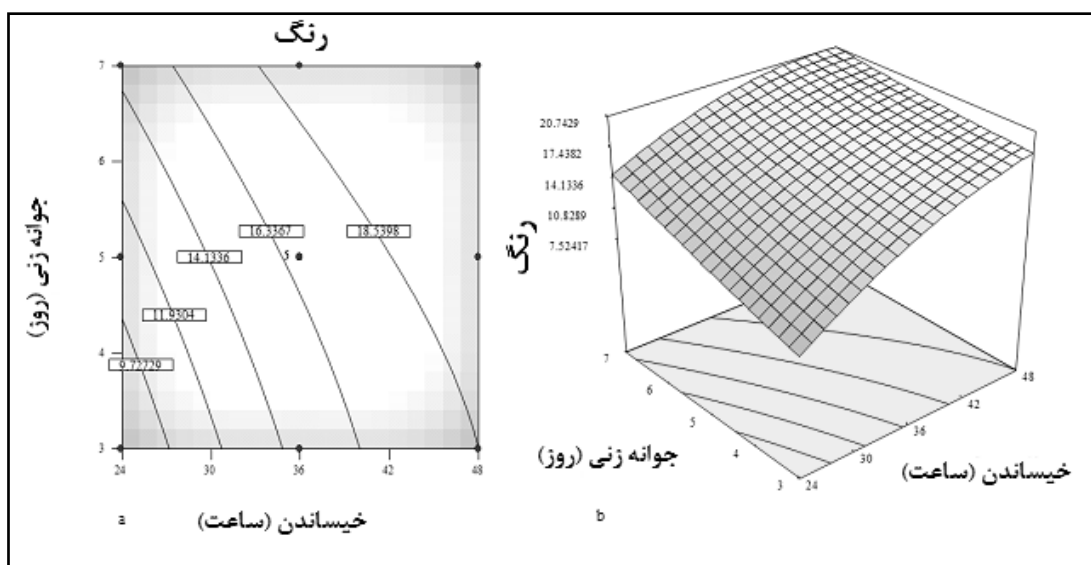
بیشترین اثرگذاری در رنگ عصاره استخراج شده مربوط به پارامتر خطی ساعات خیساندن است و پارامتر درجه دوم مدت زمان خیساندن، کمترین اثرگذاری را در مقدار رنگ عصاره‌ها دارد (رابطه ۷).

شکل ۲-b نشان می‌دهد که مقدار رنگ در مدت زمان‌های کوتاه جوانه‌زنی، با افزایش زمان خیساندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت به شدت افزایش می‌یابد. شدت این افزایش در مدت زمان‌های جوانه‌زنی زیاد (۷ روز) کمتر است. با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی از ۳ به ۷ روز، روند

افزایش رنگ در مدت زمان‌های کوتاه خیساندن بسیار شدیدتر از روند افزایش رنگ در تعداد ساعات خیساندن طولانی‌تر است. کمترین مقدار رنگ در حداقل پارامترهای مؤثر و بیشترین آن در حداکثر پارامترهای مورد آزمایش در این مطالعه مشاهده شده است (شکل ۲-a).

عصاره‌گیری تدریجی در دمای بالا موجب ایجاد و ذخیره سطوحی از قندهای انحلال‌پذیر و اسیدهای آمینه می‌شود که تشکیل رنگ طی مالت‌سازی را افزایش می‌دهند (Briggs, 1998; Briggs et al., 1990).

$$Y = 16.79 + 1.44x_1 + 2.42x_2 - 0.01x_1 \cdot x_2 + 0.66x_1^2 - 0.05x_2^2 \quad (7)$$



شکل ۲- (a) طرح خطی تغییرات رنگ عصاره در برابر مدت زمان خیساندن (ساعت) و جوانه‌زنی (روز).
(b) نمودار سطح پاسخ رنگ عصاره.

نیترژن انحلال‌پذیر عصاره

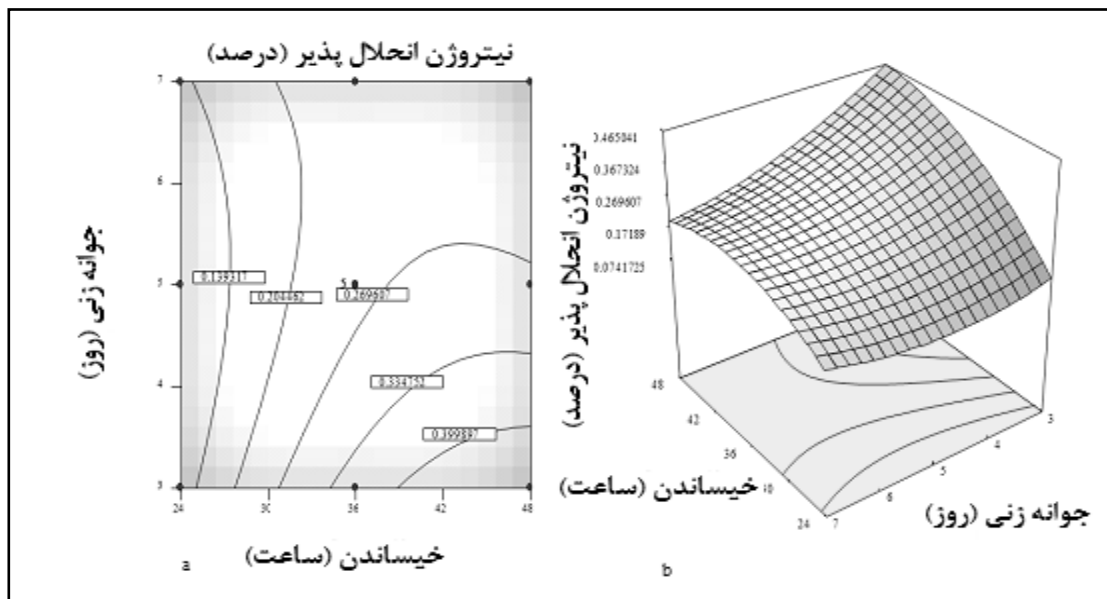
نتایج به دست آمده از آنالیز واریانس داده‌های آزمایش نشان می‌دهد که تمامی پارامترهای خطی، درجه دوم و اثر متقابل متغیرهای زمان خیساندن و تعداد روزهای جوانه‌زنی در این مطالعه، اثر معنی‌داری ($p < 0.01$)

در مدل انتخاب شده دارند که بیشترین اثرگذاری در تغییرات نیترژن انحلال‌پذیر را پارامتر خطی مدت زمان خیساندن و کمترین اثر معنی‌دار را اثر متقابل مدت زمان خیساندن و تعداد روزهای جوانه‌زنی دارند و در نتیجه شکل نهایی مدل به صورت رابطه ۸ قابل تعریف است:

$$Y = 0.25 + 0.06x_1 - 0.04x_2 - 5.1 \times 10^{-4} x_1 \cdot x_2 + 0.01x_1^2 - 0.003x_2^2 \quad (8)$$

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان خیساندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت در روزهای سوم و پنجم جوانه‌زنی، مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر روندی افزایشی دارد؛ اما در ۷ روز جوانه‌زنی، تغییرات مقدار نیتروژن تا زمان ۳۶ ساعت خیساندن دارای روند افزایشی است در حالی‌که از ۳۶ تا ۴۸ ساعت، مقدار نیتروژن تغییر چندانی نمی‌کند. جوهای حاوی مقدار پروتئین بالاتر، مواد نیتروژنی بیشتری را به ریشه‌چه و جوانه منتقل می‌کنند و در نتیجه بازدهی عصاره در آن‌ها پائین است اما مقدار بیشتری نیتروژن انحلال‌پذیر و نیتروژن آمینو آزاد را به عصاره وارد می‌کنند (Agu, 2003).

در شکل ۳- a، اثر متقابل مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر موجود در عصاره‌های به‌دست آمده نشان داده شده است. بیشینه مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر در حداقل مدت زمان جوانه‌زنی (۳ روز) و حداکثر مدت زمان خیساندن (۴۸ ساعت) و کمینه آن در ۵ روز جوانه‌زنی و ۲۴ ساعت خیساندن مشاهده می‌شود. شکل ۳- b نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی در مدت زمان‌های کوتاه خیساندن (۲۴ ساعت)، مقادیر نیتروژن انحلال‌پذیر تغییر چندانی نمی‌کند؛ اما افزایش مدت زمان جوانه‌زنی در ساعت‌های خیساندن طولانی، کاهش مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر را به دنبال دارد.



شکل ۳- a) طرح خطی تغییرات، نیتروژن انحلال‌پذیر کل (درصد) در برابر مدت زمان خیساندن (ساعت) و جوانه‌زنی (روز). b) نمودار سطح پاسخ میزان نیتروژن انحلال‌پذیر کل.

شاخص کلباچ در میان متغیرهای اندازه‌گیری شده در این مطالعه، پارامتر خطی مدت زمان جوانه‌زنی بیشترین اثرگذاری را بر شاخص کلباچ دارد (رابطه ۹).

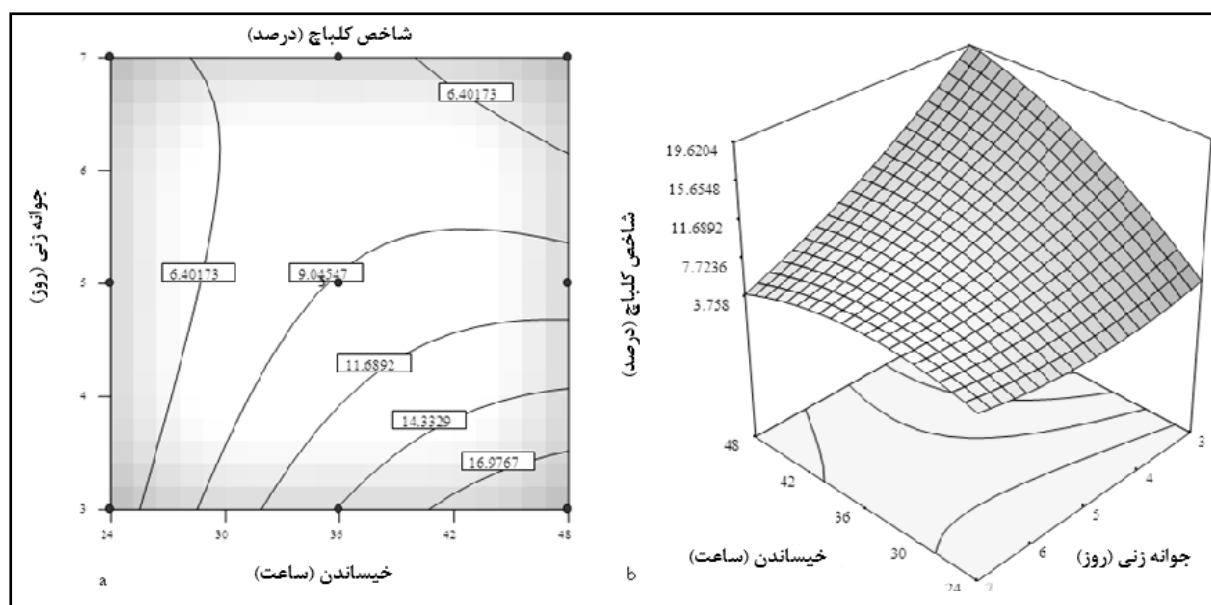
$$Y = 9.23 + 2.18x_1 + 0.54x_2 - 0.01x_1 \cdot x_2 - 0.36x_1^2 - 0.17x_2^2 \quad (9)$$

شاخص کلباچ ندارد (شکل ۴- b) اما با افزایش زمان جوانه‌زنی در زمان‌های طولانی خیساندن و با افزایش زمان خیساندن در مدت زمان‌های کوتاه جوانه‌زنی، به ترتیب کاهش و افزایش در میزان شاخص کلباچ مشاهده می‌شود. تغییرات اصلاحی شامل تمامی فرآیندهای تجزیه پلیمرها است که در مالت‌سازی رخ می‌دهد.

با بهبود خصوصیات تغییرات اصلاحی خصوصاً افزایش شاخص کلباچ و کاهش تفاوت راندمان عصاره تهیه شده از مواد آسیابی نرم و ریز و مواد آسیابی زبر و درشت، پروتئین و میزان عصاره افزایش می‌یابد (Briggs *et al.*, 1990; Kihara *et al.*, 2002).

در شکل ۴- a، اثر متقابل مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر مقدار شاخص کلباچ عصاره‌های به دست آمده نشان داده شده است. بیشینه مقدار شاخص کلباچ در حداقل مدت زمان جوانه‌زنی (۳ روز) و حداکثر مدت زمان خیساندن (۴۸ ساعت) و کمینه آن در ۷ روز جوانه‌زنی و ۲۴ ساعت خیساندن مشاهده می‌شود.

بررسی اثر متقابل مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی بر شاخص کلباچ نشان می‌دهد که افزایش زمان جوانه‌زنی از ۳ به ۷ روز در مدت زمان کوتاه خیساندن (۲۴ ساعت) و همچنین افزایش زمان خیساندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت در مدت زمان‌های جوانه‌زنی طولانی (۷ روز)، اثر چندانی بر



شکل ۴- a) طرح خطی تغییرات، شاخص کلباچ (درصد) در برابر مدت زمان خیساندن (ساعت) و جوانه‌زنی (روز).
b) نمودار سطح پاسخ شاخص کلباچ.

شکل نهایی مدل به صورت رابطه ۱۰ قابل تعریف است. رابطه به دست آمده، در محدوده تغییرات متغیرهای مستقل (خیساندن ۲۴ تا ۴۸ ساعت و جوانه‌زنی ۳ تا ۷ روز) قادر به پیش‌بینی فرآیند است:

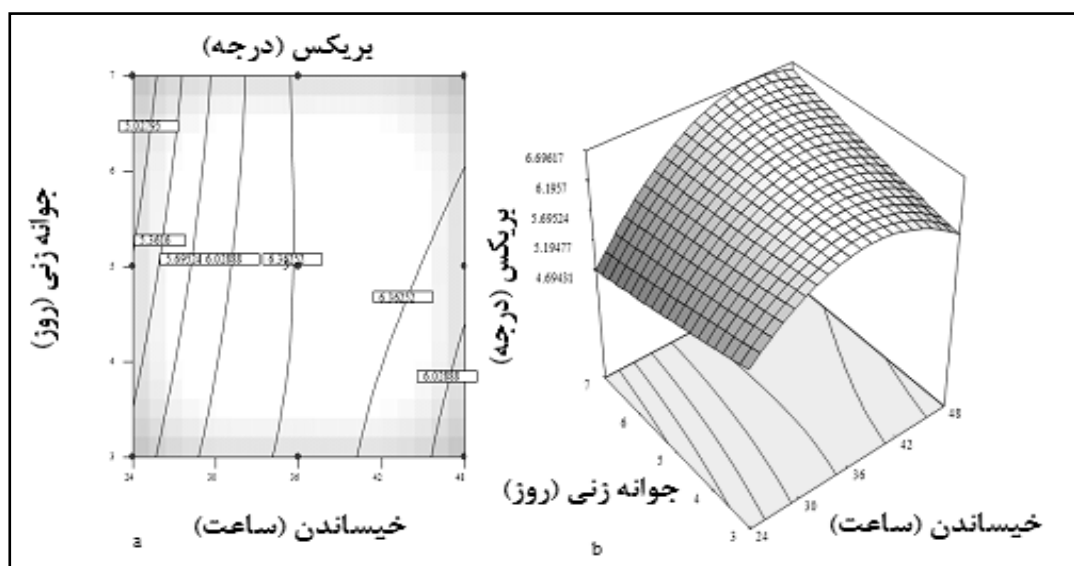
$$Y = 6.38 + 0.35x_1 - 5.4 \times 10^{-3} x_1 \cdot x_2 + 0.02x_2^2 \quad (10)$$

مواد جامد انحلال‌پذیر کل

پارامترهای خطی مدت زمان جوانه‌زنی و درجه دوم مدت زمان خیساندن، اثر معنی‌داری ($p > 0.01$) در مدل نهایی انتخابی ندارند و از مدل حذف شدند و در نتیجه

ابتدا افزایش و پس از آن، کاهش مواد جامد انحلال‌پذیر کل مشاهده می‌شود. شکل ۵- b همچنین نشان می‌دهد که مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر کل با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی در مدت زمان کوتاه خیس‌اندن، افزایش و در زمان‌های خیس‌اندن طولانی کاهش می‌یابد که می‌توان دلیل افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر کل را به تغییرات آندوسپرم دانه و انحلال‌پذیری پروتئین‌های انحلال‌پذیر در آب نسبت داد.

در شکل ۵- a، اثر متقابل مدت زمان خیس‌اندن و جوانه‌زنی بر مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر کل عصاره‌های به دست آمده نشان داده شده است. بیشینه مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر کل در ۷ روز جوانه‌زنی و ۳۶ ساعت خیس‌اندن و کمینه آن در ۳ روز جوانه‌زنی و ۲۴ ساعت خیس‌اندن مشاهده می‌شود. شکل ۵- b نشان می‌دهد که با افزایش زمان خیس‌اندن از ۲۴ تا ۳۶ ساعت و پس از آن ۳۶ تا ۴۸ ساعت، در تمامی روزهای جوانه‌زنی، به ترتیب



شکل ۵- a) طرح خطی تغییرات، مواد جامد انحلال‌پذیر کل در برابر مدت زمان خیس‌اندن (ساعت) و جوانه‌زنی (روز).
b) نمودار سطح پاسخ میزان مواد جامد انحلال‌پذیر کل.

این صورت است که در تمامی روزهای جوانه‌زنی با افزایش مدت زمان خیس‌اندن از ۲۴ به ۴۸ ساعت، در میزان راندمان عصاره‌گیری سرد افزایش مشاهده شد. این افزایش در مدت زمان‌های طولانی‌تر جوانه‌زنی، شدیدتر است و با افزایش مدت زمان جوانه‌زنی در زمان‌های طولانی خیس‌اندن، نیز راندمان عصاره‌گیری سرد افزایش می‌یابد (شکل ۶). علت این افزایش را می‌توان ناشی از

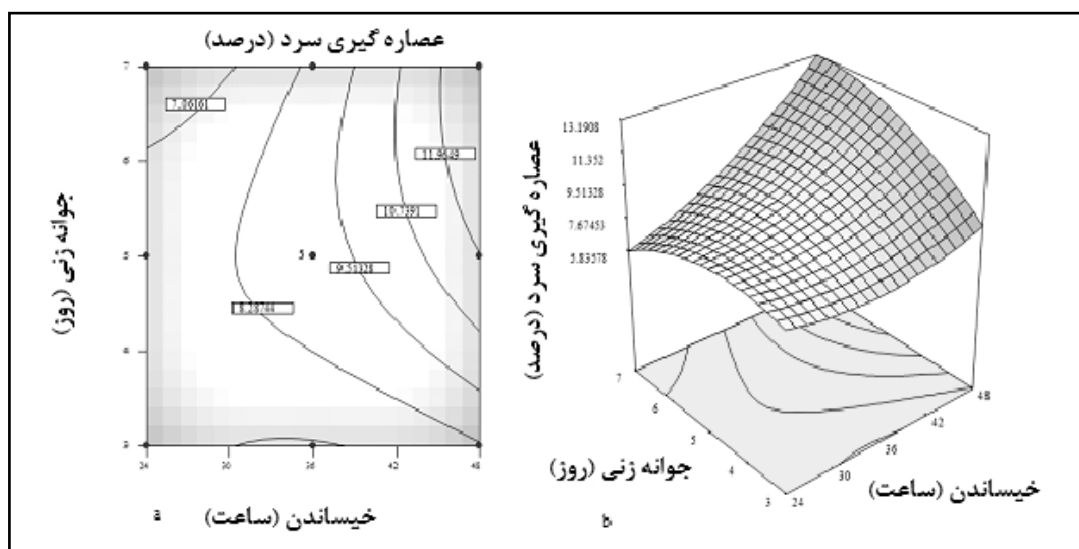
راندمان عصاره‌گیری سرد

بیشترین راندمان در عصاره‌گیری به روش سرد به حداکثر زمان خیس‌اندن و حداکثر مدت زمان جوانه‌زنی ارتباط دارد. رابطه به دست آمده (رابطه ۱۱)، در محدوده تغییرات متغیرهای مستقل (خیس‌اندن ۲۴ تا ۴۸ ساعت و جوانه‌زنی ۳ تا ۷ روز) قادر به پیش‌بینی فرآیند است. روند تغییرات راندمان عصاره‌گیری سرد در این مطالعه به

اثر شرایط خیساندن و جوانه‌زنی بر خصوصیات...

تغییرات آندوسپرم دانه و انحلال‌پذیری پروتئین‌های انحلال‌پذیر در آب دانست (Wijngaard, 2005).

$$Y = 9.01 - 0.66x_1 + 0.93x_2 + 6.5 \times 10^{-3} x_1 \cdot x_2 - 0.31x_1^2 + 0.07x_2^2 \quad (11)$$



شکل ۶- (a) طرح خطی تغییرات راندمان عصاره‌گیری سرد (درصد) در برابر مدت زمان خیساندن (ساعت) و جوانه‌زنی (روز). (b) نمودار سطح پاسخ راندمان عصاره‌گیری سرد.

باشند، نشان می‌دهد که ۴۷/۹۹ ساعت خیساندن و ۶/۸۹ روز جوانه‌زنی باعث رسیدن به هدف خواهد شد. در جدول ۳، نقاط بهینه فرایند تولید عصاره مالت از جو لاین EBYT88-17 آورده شده است که با توجه به درجه مطلوبیت مناسب تمامی شرایط ذکر شده می‌توان با توجه به امکانات در دسترس بهترین نقطه را انتخاب کرد.

بهینه‌سازی فرآیند استخراج

بهینه‌سازی فرایند به منظور رسیدن به عصاره‌ای با بیشینه مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر کل و راندمان عصاره‌گیری به روش‌های گرم و سرد، در شرایطی که سایر متغیرهای اندازه‌گیری شده از جمله رنگ، نیتروژن انحلال‌پذیر و شاخص کلباچ در محدوده اندازه‌گیری شده

جدول ۳- بهینه‌سازی فرایند تولید عصاره مالت

درجه مطلوبیت (درصد)	راندمان عصاره‌گیری سرد (درصد)	مواد جامد انحلال‌پذیر (°B)	راندمان عصاره‌گیری گرم (درصد)	مدت جوانه‌زنی (روز)	مدت خیساندن (ساعت)
۹۹/۶	۱۳/۱۹	۶/۵۵	۵۶/۸۱	۶/۸۹	۴۷/۹۹

بهینه‌سازی فرایند نیز نشان می‌دهد که اعمال شرایط ۴۷/۹۹ ساعت خیساندن و ۶/۸۹ روز جوانه‌زنی، به استحصال عصاره‌ای می‌انجامد با حداکثر راندمان سرد و گرم و مواد جامد انحلال‌پذیر کل.

نتیجه‌گیری

با افزایش مدت زمان خیساندن و جوانه‌زنی، میزان رنگ عصاره افزایش می‌یابد و مقدار نیتروژن انحلال‌پذیر عصاره از ۰/۰۸۱ تا ۰/۴۶ درصد در تغییر است. نتایج

مراجع

- Agu, R. C. 2003. Some relationships between malted barleys of different nitrogen level and the wort properties. *J. Inst. Brew.* 109(2): 106-109.
- Anon. 1975. Analytica-EBC. European Brewery Convention. (EBC). Analysis Committee. Schweitzer Brauerei-Rundschau. Zurich. Swiss.
- Anon. 1976. Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists. Technical Committees and Editorial Boards. American Society of Brewing Chemists (ASBC).
- Anon. 1977. Recommended Methods of Analysis. Analysis Committee. The Institute of Brewing. London.
- Anon. 1989. Laboratory Methods in Malting. International Center for Brewing and Distilling Heriot -Watt University. Edinburgh. Scotland.
- Anon. 1997. Official Method of Analysis of AOAC International. AOAC International Pub. USA.
- Anon. 2003. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists (AACC).
- Anon. 2005. Official Methods of Analyses. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C.
- Anon. 2008. Agricultural Statistics. Jihad Agricultural Ministry. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Bhatty, R. S. 1996. Production of food malt from hull-less barley. *J. Cereal Chem.* 76(5): 75-80.
- Briggs, D. E. 1998. Malts and Malting. Springer Pub.
- Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R. and Young, T. W. 1990. Malting and Brewing Science (Malt and Sweet Wort). Chapman and Hall. London.
- Celuse, I., Brijs, K. and Delcour, A. 2006. The effect of malting and mashing on barley protein extractability. *J. Cereal Sci.* 44(2): 203-211.
- Ghodsvali, A. 1996. Project of comparison of superior barely varieties and lines to extraction of malt extract. Department of Agricultural Engineering. Gorgan Agricultural and Natural Resource Research Center. (in Farsi)
- Harris, G. 1962. The Enzyme Content and Enzymatic Transformation of Malt. In: Cook, A. H. (Ed) Barley and Malt: Biology, Biochemistry, Technology. Academic Press. New York.
- Jones, B. L. 2005. Endoprotease of barley and malt. *J. Cereal Sci.* 42 (2): 139-156.
- Kent, N. L. and Evers, A. D. 1994. Technology of Cereal. 4th Edition. Wood Head Pub. Cambridge. England.
- Kihara, M., Saito, W., Okada, Y., Kaneko, T., Asakura, T. and Ito, K. 2002. Relationship between proteinase activity during malting and malt quality. *J. Inst. Brew.* 108 (3): 371-376.
- Pollock, J. R. 1962. The Analytical Examination of Barley and Malt. In: Cook, A. H. (Eds) Barley and Malt: Biology, Biochemistry, Technology. Academic Press. New York.

اثر شرایط خیساندن و جوانه‌زنی بر خصوصیات...

- Singh, B., Panesar, P., Nanda, V. and Kennedy, J. 2010. Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. *J. Food Chem.* 23 (3):590–600
- Wijngaard, H. H. Ulmer, H. M. Neumann, M. and Arendt, E. K. 2005. The effect of steeping time on the final malt quality of buckwheat. *J. Inst. Brew.* 111(3): 275-281.

Effects of Steeping and Germination on Quantitative and Qualitative Characteristics of Barley Malt Extract

A. Ghodsvali*, H. Bakhshabadi and M. Mohamadi

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 49165-363. Gorgan, Iran. E-mail: qodsevali@yahoo.com
Received: 19 October 2011, Accepted: 16 June 2012

Malting is a complex biotechnological process that includes steeping, germination and kilning of cereal grains under controlled temperature and humidity. This research investigated the effects of steeping (24, 36, 48 h) and germination time (3, 5, 7 days) on the quantitative and qualitative characteristics (hot water extract, malt extract color, soluble nitrogen, Kolbach index, total soluble solids, cold water extract) of malt extract obtained from barley (line EBYT88-17). Statistical analysis and process optimization were carried out using response surface methodology. Results showed that increasing steeping over a long germination period increased the the yield of hot water extract. Malt extract color increased as steeping and germination time increased and malt extract soluble nitrogen content varied from 0.081% to 0.46%. The results of process optimization showed that 47.99 h steeping and 6.89 day germination produced malt extract with the highest hot and cold water extracts and total soluble solids.

Keywords: Malt Extract, Quantitative and Qualitative Characteristics, Response Surface Methodology