Archive of SID

مجله علوم و فنون هسته‌ای، جلد ۹۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸

ارزیابی تأثیر پرتو گاما بر خصوصیت‌های نانوایی گندم رقم‌های امید، روشن و طبسی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی

محمدرضا راحمی*[۱]، احد یامچی[۲]، سعید نواب‌پور[۲]، حسن سلطانلو[۲]، پیتر روپستورف[۳]

۱. پژوهشکده‌ی کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج ـ ایران

۲. گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده‌ی تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، گرگان ـ ایران

۳. گروه بیوشیمی و بیولوژی مولکولی، دانشگاه دانمارک جنوبی، صندوق پستی: DK-۵۲۳۰، اودنس- دانمارک

مقاله‌ی فنی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۶/۱۴

چکیده: مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده‌ی صفت کیفیت نانوایی گندم، ژنوم گیاه است که با ایجاد تنوع ژنتیکی از طریق جهش‌زاها در گیاه این صفت قابل‌بهبود و ارتقا است. در این پژوهش آزمایش‌های شیمیایی و فارینوگراف در ژن‌مانه‌های جهش‌یافته‌ی T-۶۶-۵۸-۶۰، O-۶۴-۱-۱۰، RO-۱، RO-۳ و RO-۵ به‌ترتیب حاصل از پرتودهی رقم‌های گندم طبسی، امید و روشن مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین تابع انتقال اِس شکل برای برآورد ضریب‌ها از طریق مدل شبکه‌ی عصبی پیش‌خور با روش آموزش الگوریتم لونبرگ- مارکوارت مورد استفاده قرار گرفت. در ژن‌مانه‌ی RO-۳ خصوصیت شیمیایی عدد زلنی، مقدار سختی دانه، گلوتن مرطوب و درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشت. هم‌چنین در ژن‌مانه‌ی O-۶۴-۱-۱۰، صفت‌های درصد جذب آب و عدد والوریمتری افزایش معنی‌دار و صفت درجه‌ی سست‌شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. خصوصیت‌های مقدار درصد پروتئین، حجم نان، عدد کیفی فارینوگراف و درجه‌ی سست‌شدن خمیر بیش‌ترین تأثیر را در مدل شبکه‌ی عصبی داشتند. نتیجه‌ها نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت پرتودهی بر بهبود خواص کیفی خمیر نان هستند.

کلیدواژه‌ها: گندم، پرتو گاما، جهش‌یافته، شبکه‌ی عصبی مصنوعی

Evaluation of gamma ray effect on wheat bakery properties in Omid, Roshan and Tabasai cultivars by artificial neural network

M.R. Rahemi*[1], A. Yamchi[2], S. Navabpour[2], H. Soltanloo[2], P. Roepstorff[3]

1. Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 31485-498, Karaj – Iran
2. Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, P.O.Box: 49138-15739, Gorgan –Iran
3. Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Southern Denmark, P.O.Box: DK-5230, Odense-Denmark

Abstract: The genome of a plant is the most critical factor to control bakery- quality trait in wheat, where it can bemade by applying genetic variation upon using mutagens for its improvement. In this study, chemical and Farinograph experiments were investigated in T-66-58-60, O-64-1-10, RO-1, RO-3 and RO-5 lines from Tabassi, Omid, and Roshan cultivar, respectively. Also, the sigmoid transfer function was used for the assessment of factors by the model of feed-forward neural network with training method of levenberg-Marquardt algorithm. The chemical traits of Zeleny number, the hardness, wet gluten and protein content in the RO-3 line increased significantly compared with the control. Also, water absorption percentage and valorimeter value increased substantially in the O-64-1-10, whereas it was shown that the dough softening after 10 and 20 minutes decreased significantly compared with the control. The protein content, bread volume, Farinograph quality number and E10 properties had the most significant impact on the neural network model. The results show a positive effect of the irradiation on the improvement of dough quality properties.

Keywords: Wheat, Gamma ray, Mutant, Artificial neural network

*Email: mrrahemi@aeoi.org.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین غلات برای تغذیه‌ی انسان است که می‌تواند حدود ۶۰ تا ٪۷۰ انرژی غذایی را تأمین کند. اهمیت گندم بیش‌تر مربوط به خواص فیزیکی و شیمیایی گلوتن، در دانه‌ی گندم است. کیفیت نانوایی گندم، تحت کنترل ژنوم و شرایط محیط کشت است. بنابراین این صفت می‌تواند توسط اصلاح ژنتیکی گندم بهبود یابد. مهم‌ترین محدودیت برای اصلاح گیاهان، تنوع ژنتیکی است که با استفاده از جهش‌زاها این محدودیت قابل رفع است [۱].

کورپز و همکاران [۲] در سال ۱۹۸۳ با آزمایش بر روی چهار ژن‌مانه‌ی[1] گندم پس از ایجاد جهش شیمیایی، در نسل‌های جهشی ۸ تا ۱۰ در طی ۳ سال، افزایش ۰ تا ٪۲۰ پروتئین دانه را رویت کردند. منگووا و راچوسکا [۳] در سال ۲۰۰۴ با مطالعه‌ی پانزده ژن‌مانه‌ی هیبرید جهش‌یافته و دو ژن‌مانه‌ی جهش‌یافته‌ی حاصل از جهش‌زاهای فیزیکی و شیمیایی در سه صفت شاخص کیفیت، نرم شدن خمیر و انرژی برای تغییر شکل خمیر در ژن‌مانه (MX۷۷/۱۴) نسبت به مقدار شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نمودند. درصد پروتئین، نرم‌شدن خمیر و انرژی لازم برای تغییر شکل خمیر در ژن‌مانه‌ی MX ۸۴/۳۷ نسبت به شاهد به صورت قابل توجهی متفاوت بود. سوامیناتان [۴] در سال ۱۹۶۹ با پرتودهی گامایی رقم گندم سونورا ۶۴[2]، ۱ تا ٪۲ افزایش مقدار پروتئین در گندم یکی از این ژن‌مانه‌های جهش‌یافته که امروزه با نام شربتی سونورا[3] در هند کشت می‌شود مشاهده نمود. کزوب و همکاران [۵] در سال ۲۰۱۳ با پرتودهی بذرهای F_1 گندم با دز ۲۰۰Gy مشاهده کردند که فراوانی تغییرات در مکان ژنی گلیادین در جهش‌یافته‌ها ٪۷/۴ بود، که نسبت به شاهد ٪۰/۵ افزایش قابل توجهی نشان داد. نتیجه‌ها نشان داد که پرتودهی باعث خاموشی ژن در مکان ژنی گلیادین شده است. این امر منجر به افزایش نسبت گلوتنین به گلیادین و باعث افزایش کیفیت نانوایی گندم می‌شود [۵].

شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای توانایی آموزش، از مجموعه‌ای از داده‌های تجربی، بدون نیاز به شناخت واقعی قانون‌های فیزیکی و شیمیایی حاکم بر سیستم هستند. بنابراین کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در جاهایی که سیستم موجود به صورت غیرخطی است و رفتاری پیچیده از خود نشان می‌دهد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود [۶]. سافا و همکاران [۷] نشان دادند که سطح زیرکشت، میزان بارندگی، استفاده از ادوات کشاورزی و نهادهای کشاورزی بیش‌ترین تأثیر در پیش‌بینی عملکرد گندم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با ارزیابی ۱۴۰ صفت متفاوت در کشور نیوزیلند را دارد [۷]. شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد محصول‌های کشاورزی از قبیل گندم [۸، ۹ و ۱۰] و بلال [۱۱] مورد استفاده قرار گرفته است.

مطالعه‌ی خاصیت‌های شارش‌شناختی خمیر یکی از سریع‌ترین و قابل استنادترین راه‌های اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت و بافت محصولات غذایی آردی از جمله آرد گندم محسوب می‌شود، بنابراین بخشی از این مطالعه به بررسی رفتار شارش‌شناختی[4] خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی خمیر نان از قبیل جذب آب، میزان پایداری خمیر در برابر مخلوط‌شدن، درجه‌ی سست‌شدن خمیر، حداکثر مقاومت خمیر، قابلیت کشش و انرژی خمیر در ژن‌مانه‌های مورد استفاده و بررسی اثر جهش روی صفت‌های کیفی نانوایی می‌پردازد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲ مواد گیاهی

در این مطالعه پنج ژن‌مانه‌ی جهش‌یافته‌ی حاصل از پرتودهی سه رقم تجاری متداول گندم روشن، امید و طبسی ژن‌مانه‌ی T[5]-۶۶-۵۸-۶۰ حاصل از رقم طبسی، ژن‌مانه‌ی O[6]-۶۴-۱-۱۰ حاصل از رقم امید و ژن‌مانه‌های جهش‌یافته‌ی گندم RO[7]-۱، RO-۳ و RO-۵ حاصل از پرتودهی گندم رقم روشن- به عنوان تیمارهای آزمایشی بررسی شدند. این رقم‌ها طی همکاری سازمان انرژی اتمی ایران و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی با دز پرتو گامای ۲۰۰Gy (چشمه‌ی کبالت- ۶۰) با میزان رطوبت ۱۱ تا ٪۱۴ به منظور دست‌یابی به ژن‌مانه‌هایی

1. Genotype
2. Sonora۶۴
3. Sharbati Sonora
4. Rheologic
5. T حرف اول رقم طبسی
6. O حرف اول رقم امید
7. RO دو حرف اول رقم روشن است

www.SID.ir

Archive of SID

با خصوصیت‌های کیفی برتر، پرتودهی و جمعیت جهش‌یافته ایجاد شده بودند. ژن‌مانه‌های جهش‌یافته طی مدت ۱۲ سال خالص‌سازی و مورد استفاده قرار گرفته بودند.

۲.۲ آزمایش‌های کیفی آرد گندم

از بذرهای برداشت‌شده در مزرعه در سه تکرار، صفت‌های شیمیایی شامل درصد رطوبت دانه‌ی گندم با استفاده از روش انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا[1] (AACC ۵۶-۶۰)، مقدار گلوتن مرطوب با روش AACC ۳۸-۱۰، سختی دانه با استفاده از دستگاه طیف‌بینی زیرقرمز نزدیک اینفراماتیک[2] ۸۱۰۰، درصد پروتئین با روش AACC ۴۶-۱۲ و حجم رسوب زلنی با روش AACC ۵۶-۶۰، هم‌چنین حجم نان با استفاده از طیف‌سنجی زیرقرمز نزدیک اندازه‌گیری شد [۱۲]. صفت‌های مرتبط با آزمون فارینوگراف شامل مقدار جذب آب، زمان رسیدن و تکامل خمیر، ثبات و پایداری خمیر، زمان شل‌شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه، عدد والوریمتری[3] خمیر و عدد کیفی فارینوگراف توسط دستگاه برابندر فارینوگراف مدل ۱۸۵۰۷ در آزمایشگاه شیمی غلات مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر کرج انجام شد [۱۳]. نتیجه‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری ام استِیت- سی[4] در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه گردید.

۳.۲ شبکه‌ی عصبی مصنوعی

هر شبکه‌ی عصبی متشکل از سلول‌های عصبی مصنوعی، از چند لایه‌ی متشکل از عصب (نورون) تشکیل شده است. برای هر شبکه‌ی عصبی لایه‌ی اول مربوط به متغیرهای مستقل و لایه‌ی آخر مربوط به متغیرهای وابسته است [۶]. در این مطالعه، شش صفت شیمیایی شامل درصد پروتئین، رسوب زلنی، گلوتن مرطوب، حجم نان، سختی دانه، میزان جذب رطوبت در هر دو مدل به عنوان متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین هفت صفت فارینوگرافی شامل زمان رسیدن و تکامل خمیر، ثبات و پایداری خمیر، زمان رسیدن خمیر به خط ۵۰۰ منحنی برابندر، درصد جذب آب، زمان شل شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه و عدد کیفی فارینوگراف، در مجموع ۱۳ صفت مورد مطالعه قرار گرفتند تا بهترین مدل پیش‌بینی کیفیت نانوایی گندم مشخص شود. لازم به ذکر است که عدد والوریمتری خمیر به عنوان متغیر وابسته[5] در نظر گرفته شد. در این پژوهش، از تابع انتقال اِس (S) شکل در سه لایه از طریق مدل پیش‌خور[6] شبکه عصبی مصنوعی با روش آموزش الگوریتم لونبرگ- مارکوارت[7]، برای بررسی ۱۳ صفت ذکر شده، استفاده گردید. به منظور استفاده از تابع اِس‌شکل تمامی داده‌های آزمایشی (X_i) باید از طریق رابطه‌ی زیر در دامنه‌ی بین ۰/۱ تا ۰/۹ بهنجار شوند:

$$x_i = ۰/۱ + \frac{۰/۸(x_i - min(X_i))}{max(X_i) - min(X_i)} \quad (۱)$$

پس از آموزش شبکه به منظور تعیین تعداد بهینه‌ی نورون‌های پنهان از لایه‌ی توپولوژی استفاده شد. برای ارزیابی بازده شبکه‌ی عصبی از مقدارهای ضریب تبیین، خطای مربعی میانگین (MSE)[8] و خطای مطلق میانگین (MAE)[9] به عنوان تابع خطا استفاده شد. این تابع‌ها با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد [۶]:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{nn} - y_{exp})^2}{n} \quad (۲)$$

$$MAE = (\frac{1}{n})\sum_{i=1}^{n}|y_{nn} - y_{exp}| \quad (۳)$$

در این‌جا n تعداد داده‌ها، i اندیس داده‌ها، y_{nn} مقدارهای پاسخ پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ی عصبی و y_{exp} نتیجه‌ی آزمایشگاهی به‌دست آمده برای پاسخ فرایند است. هدف از آموزش شبکه‌ی عصبی، کمینه نمودن تابع خطا است. در این پژوهش، شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه‌ای با یک الگوریتم آموزشی به‌کار گرفته شد. برای آموزش شبکه‌ی عصبی، ٪۷۰ داده‌های آزمایشگاهی به‌دست آمده، برای آموزش؛ ٪۱۵ برای

1. American association of cereal chemists (AACC)
2. Inframatic
3. Valorimeter value
4. (MSTAT-C)
5. Bias
6. Feed-forward neural network
7. Levenberg-marquardt algorithm
8. Mean squared error (MSE)
9. Mean absolute error (MAE)

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون شبکه و ٪۱۵ برای ارزیابی درستی شبکه استفاده شد. از تحلیل پارتو میزان تأثیر هر کدام از متغیرها و برهم‌کنش آن‌ها روی پاسخ محاسبه شد. درصد تأثیر، با استفاده از ضریب‌های مدل توسعه داده شده محاسبه شد [۱۴].

$$P_i = \left(\frac{\beta_i^2}{\sum \beta_i^2 !}\right) \times 100$$

که در آن P_i درصد تأثیر هر پارامتر و β_iها ضریب‌های مربوط به آن‌ها در مدل توسعه‌داده شده هستند.

۳. نتیجه‌ها و بحث

۱.۳ اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی آرد

بهترین روش برای تعیین کیفیت گندم، نوع کاربرد آن در صنعت، کیفیت پخت و کیفیت محصول نهایی، ارزیابی خصوصیت‌های فن‌شناختی آن است. برای این منظور تعیین مقدار و کیفیت پروتئین، حجم رسوب، حجم نان، سختی دانه، گلوتن مرطوب، اندیس گلوتن و آگاهی از خصوصیت‌های شارش‌شناختی آن حایز اهمیت است. در ژن‌مانه‌های مربوط به روشن با توجه به صفت حجم نان می‌توان نتیجه گرفت که آرد ژن‌مانه‌ی RO-۳ آرد قوی است. در آردهای قوی پیوندهای گلوتنی بسیار قوی هستند و به همین دلیل قابلیت نگه‌داری گاز در این آردها کم‌تر است، بنابراین، حجم نان در نمونه‌ی جهش‌یافته نسبت به نمونه‌ی شاهد، کاهش یافته است.

میزان سختی دانه، گلوتن مرطوب و درصد پروتئین در RO-۳ نسبت به شاهد روشن افزایش معنی‌دار دارد (جدول ۱). افزایش مقدار پروتئین و گلوتن مرطوب در نتیجه‌ی شکستن پیوندهای بین اجزای پروتئین گلوتن از دیگر ترکیب‌های دانه‌ی گندم نظیر نشاسته و فیبر است. در تعیین کیفیت پروتئین، هم مقدار گلوتن و هم کیفیت آن از عامل‌های تأثیرگذار محسوب می‌شود. کیفیت گلوتن در این پژوهش با آزمون زلنی مشخص شد. عدد زلنی تابعی از کیفیت گلوتن است؛ به غیر از RO-۳ بقیه‌ی ژن‌مانه‌های جهش‌یافته‌ی رقم روشن هیچ تفاوت معنی‌داری برای صفت‌های شیمیایی گندم با رقم روشن نداشتند. در بررسی ۱۴۵ گندم نان مرکب از ۹۰ ژن‌مانه‌ی اصلاحی و ۵۵ رقم بومی و زراعی و اندازه‌گیری صفت‌های شیمیایی توسط شاهین نیا و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۰۲ صفت‌های سختی دانه و حجم رسوب زلنی به ترتیب با ضریب‌های تغییرات ۱۳٫۵۱ و ۱۱٫۸۳ از بیش‌ترین مقدار تنوع برخوردار بودند؛ نتیجه‌های تجزیه به عامل‌ها برای ژن‌مانه‌ها بر مبنای صفت‌های کیفی گویای نقش دو عامل درصد پروتئین دانه و حجم نان در توجیه ٪۹۸٫۲۳ از تنوع کل داده‌ها بود [۱۵]. در این آزمایش نیز اختلاف معنی‌داری در این صفت‌ها مشاهده شد.

جدول ۱. مقایسه‌ی میانگین جهش‌یافته‌ها و رقم مادری آن‌ها برای صفت‌های شیمیایی

ژن‌مانه	مقدار پروتئین	زلنی	حجم نان	سختی دانه	رطوبت دانه	گلوتن مرطوب
روشن	۱۰٫۹۵^{b}	۳۰^{b}	۶۲۵٫۵^{a}	۴۵^{b}	۱۱٫۰۵^{a}	۲۲^{b}
RO-۱	۱۰٫۸۵^{b}	۳۲٫۵^{b}	۶۰۵٫۵^{a}	۴۵٫۷۵^{b}	۱۱٫۲۸^{a}	۲۰٫۷۵^{b}
RO-۳	۱۲٫۵۵^{a}	۳۸٫۵^{a}	۵۴۲^{a}	۵۴^{a}	۱۱^{a}	۳۲٫۵^{a}
RO-۵	۱۰٫۹^{b}	۳۱^{b}	۵۸۹٫۵^{a}	۴۵^{b}	۱۱٫۵^{a}	۲۰٫۶۵^{b}
امید	۱۱٫۱۵^{b}	۳۱^{b}	۵۶۸٫۵^{a}	۵۱^{b}	۹٫۸۵^{a}	۲۰٫۵^{b}
O-۶۴-۱-۱۰	۱۳^{a}	۳۶٫۵^{a}	۵۰۵٫۵^{b}	۵۴٫۵^{a}	۱۰٫۴۵^{a}	۳۶^{a}
طبسی	۱۱٫۷۵^{a}	۳۰٫۵^{a}	۵۴۴^{a}	۵۱٫۵^{a}	۱۰٫۸^{a}	۲۰^{a}
T-۶۶-۵۸-۶۰	۱۰٫۹^{a}	۳۲٫۵^{a}	۵۷۸٫۵^{a}	۵۰٫۵^{a}	۱۱^{a}	۱۸٫۵^{a}

a، b: در هر دسته‌ی ژن‌مانه، در مورد هر صفت حروف مشترک نشان‌دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

در ژن‌مانه‌ی O-۶۴-۱-۱۰ نسبت به شاهد امید، مقدار حجم نان کاهش معنی‌دار و سختی دانه افزایش معنی‌داری در سطح ٪۵ نشان داد که تأییدکننده‌ی این مطلب است که آرد حاصل از آن دارای حالت زبر و دانه‌ای است. گندم‌های با بافت دانه- سخت به دلیل بازده بیش‌تر آرد و درصد پروتئین بالا مناسبِ تبدیل به نان هستند. این گندم‌ها در زمان آسیاب‌شدن خسارت دانه‌های نشاسته‌ی بیش‌تری داشته و آب بیش‌تری جذب می‌کنند [۱۶]؛ نتیجه‌ها نشان از اختلاف معنی‌دار بین شاهد و جهش‌یافته‌ی امید برای صفت جذب آب دارد (جدول ۱). عدد زلنی تابعی از کیفیت گلوتن است [۱۷] که در ژن‌مانه‌ی O-۶۴-۱-۱۰، افزایش معنی‌دار داشت. این افزایش به دلیل اکسایش پیوندهای سولفیدریل به دی سولفید است که خود باعث تقویت پیوندهای گلوتنی و افزایش خاصیت ارتجاعی آن می‌شود. نتیجه‌ها حاکی از وجود اختلاف میانگین معنی‌دار بین نمونه‌ی شاهد و ژن‌مانه‌ی امید جهش‌یافته برای صفت درصد پروتئین است. نتیجه‌های حاصل از مقایسه‌ی میانگین صفت‌های خواص شیمیایی آرد گندم در رقم طبسی و ژن‌مانه‌ی جهش‌یافته‌ی آن برای هیچ یک از صفت‌های اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار نبود. طی آزمایشی روی ۱۱ ژن‌مانه‌ی گندم دوروم و سه رقم گندم فلات، ایگل و ورینا[1] درصد پروتئین با عدد زلنی، سختی دانه و گلوتنِ مرطوب همبستگی مثبت و با حجم نان و درصد رطوبت همبستگی منفی داشت [۱۸]. در این آزمایش درصد رطوبت در هیچ گروه ژن‌مانه‌ای معنی‌دار نبود و اثر آن روی کیفیت نانوایی حاصل‌شده در اثر القای جهش مشخص نشد. اختلاف قابل‌توجه در مقدار پروتئین دانه در ژن‌مانه‌های مورد بررسی در این آزمایش نیز نشان‌دهنده‌ی تنوع ژنتیکی بالا و اختلاف صفت‌های مرتبط با آن است. فولر و همکاران [۱۹] در سال ۱۹۹۰ مقدار پروتئین را به همراه سرعت تکامل خمیر و سختی دانه، به عنوان سه متغیر اصلی در پیش‌بینی خواص کیفی نان معرفی کردند و گزارش نمودند که تغییرات مقدار پروتئین عامل اصلی در تنوع حجم نان است. فولر و دلاروچی [۲۰] در سال ۱۹۷۵ با استفاده از روش رگرسیون گام به گام نشان دادند که سختی دانه به ترتیب ۵۶٫۳، ۲۰، ۶۷٫۵ و ٪۵۶٫۴ از تغییرات حجم نان، درصد جذب آب، شاخص مقاومت فارینوگراف و عدد والوریمتری را توجیه می‌کند، هم‌چنین آن‌ها اظهار داشتند که سختی دانه یکی از سه متغیری است که می‌تواند در پیش‌بینی خواص کیفی نان مورد استفاده قرار گیرد، در این آزمایش نیز ملاحظه شد که ژن‌مانه‌هایی که سختی دانه‌ی بالایی داشتند از کیفیت بهتری برخوردار بوده و سایر صفت‌های مرتبط با کیفیت در آن‌ها در شرایط مطلوبی قرار دارند. رائو و همکاران [۲۱] در سال ۱۹۹۳ نشان دادند که ژن‌مانه‌هایی که حجم رسوب زلنی بالایی دارند از نظر کیفیت نانوایی مطلوب بوده و می‌توانند بدون توجه به عملکرد دانه، در پیش‌بینی بهبود کیفیت نانوایی استفاده شوند. از روی آزمایش حجم رسوب زلنی می‌توان به کیفیت گلوتن پی برد [۲۲].

۲.۳ فارینوگراف

در این آزمون شاخص‌های جذب آب آرد (درصد)، عدد کیفی فارینوگراف (بدون یکا)، زمان پایداری خمیر، درجه‌ی سست‌شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه (E۱۰ و E۲۰) و عدد والوریمتری مورد بررسی قرار گرفت. بررسی خواص شارش‌شناختی نشان داد که میزان جذب آب در آرد ژن‌مانه‌های گندم جهش‌یافته‌ی امید و RO-۳ نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری دارد و مقدار جذب آب در آرد RO-۳ بیش‌تر از شاهد روشن و در آرد گندم جهش‌یافته‌ی امید بیش‌تر از شاهد امید است. این امر نشان می‌دهد که ظرفیت نگه‌داری آب در نمونه‌های جهش‌یافته بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد است. زمان پایداری خمیر در آرد گندم جهش‌یافته‌ی RO-۳ بیش‌تر از آرد گندم شاهد روشن بود.

عدد کیفی فارینوگراف معیاری قراردادی است که توسط شرکت برابندر معرفی‌شده [۲۳] و مقایسه‌ی عدد کیفی در آرد ژن‌مانه‌های RO-۳ و O-۶۴-۱-۱۰ نسبت به شاهدِ خود اختلاف قابل‌توجهی را نشان‌داد به‌طوری‌که در نمونه‌ی جهش‌یافته این عدد بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد گزارش شد. علت این امر مربوط به افزایش پایداری و کاهش درجه‌ی سست‌شدن خمیرهای حاصل از ژن‌مانه‌ی جهش‌یافته است. عدد والوریمتری که بیان‌گر خصوصیت‌های کشسانی خمیر است؛ به ضریب‌هایی مانند درجه‌ی سست‌شدن خمیر بستگی دارد؛ با بررسی نتیجه‌ها مشخص شد آرد RO-۳ و امید جهش‌یافته از خصوصیت‌های کشسانی بهتری نسبت به نمونه‌ی شاهد خود برخوردار است. نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون تعیین اختلاف میانگین خواص فارینوگرافی آرد گندم در رقم امید نسبت به ژن‌مانه‌ی جهش‌یافته‌ی آن در جدول ۲ برای صفت درصد جذب آب، معنی‌دار بود.

1. Verinac

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقایسه میانگین جهش‌یافته‌ها و رقم مادری آن‌ها برای صفت‌های آزمون فارینوگراف

ژن‌مانه	جذب آب	زمان گسترش خمیر	عدد کیفی فارینوگراف	پایداری خمیر	E۱۰	E۲۰	عدد والوریمتری
روشن	۵۵٫۸۵^{bc}	۲^{ab}	۳۷٫۵^{ab}	۲٫۷۵^{b}	۱۱۵^{a}	۱۳۰^{a}	۳۹^{b}
RO-۱	۵۴٫۳۵^{c}	۱٫۳۷۵^{c}	۳۳٫۲۵^{ab}	۲٫۶۹^{b}	۱۱۳٫۵^{a}	۱۴۲٫۵^{a}	۳۶^{b}
RO-۳	۵۸٫۹^{a}	۲٫۱۲۵^{a}	۵۹^{a}	۴٫۹^{a}	۶۰^{b}	۹۰^{b}	۴۸٫۵^{a}
RO-۵	۵۷٫۹^{ab}	۱٫۶۲۵^{bc}	۲۱٫۳۷۵^{b}	۲٫۷۵^{b}	۱۱۴^{a}	۱۴۰^{a}	۳۶٫۵^{b}
امید	۵۷٫۶۵^{b}	۲٫۸۸^{a}	۴۱٫۲۵^{a}	۲٫۷۵^{a}	۱۲۰^{a}	۱۴۵^{a}	۴۱^{b}
O-۶۴-۱-۱۰	۶۶٫۷۵^{a}	۳٫۶۳^{a}	۷۵^{a}	۴٫۷۵^{a}	۴۵^{b}	۶۵^{b}	۵۴^{a}
طبسی	۶۳٫۹^{a}	۲٫۲۵^{a}	۴۳^{a}	۳٫۳۱^{a}	۱۰۵^{b}	۱۲۲٫۵^{a}	۴۰^{a}
T-۶۶-۵۸-۶۰	۶۲٫۹۵^{a}	۲٫۳۸^{a}	۳۸٫۳۵^{a}	۲٫۸۸^{a}	۱۱۰^{a}	۱۰۸٫۷۵^{a}	۴۲^{a}

a، b: در هر دسته ژن‌مانه در مورد هر صفت حروف مشترک نشان‌دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

درجه‌ی سست‌شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه در آرد گندم جهش‌یافته‌ی روشن ۳ نسبت به شاهد خود اختلاف معنی‌داری را نشان داد. مطالعه‌ی داده‌های به‌دست آمده در نمونه‌ی شاهد بیان‌گر تضعیف و کاهش تحمل خمیر در برابر مخلوط‌شدن است. در بررسی تنوع ژنتیکی ۸۵ رقم و ژن‌مانه‌ی امیدبخش گندم نان از نظر کیفیت نانوایی، صفت‌های فارینوگراف و صفت‌های شیمیایی غلات با استفاده از روش‌های چندمتغیره و تجزیه به عامل‌ها، از ۱۲ صفت مورد بررسی سه عامل با واریانس نسبی ٪۹۷ به‌دست آمد که عامل اول با واریانس ٪۷۹ صفت‌های فارینوگراف، عامل دوم با واریانس ٪۱۷ مقدار پروتئین، حجم نان و رسوب زلنی و عامل سوم با واریانس ٪۱٫۷۵ صفت‌هایی مانند شاخص گلوتن و حجم رسوب با SDS را شامل شدند [۲۴]. گوپتا و همکاران [۲۵] در سال ۱۹۹۶ گزارش نمودند که بیش‌تر بودن مقدار پروتئین آرد، باعث افزایش قابلیت کشش خمیر حاصله می‌شود که با نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد [۲۵]. فولر و دلاروچی [۲۰] در سال ۱۹۷۵ گزارش نمودند که می‌توان از مقدار پروتئین به عنوان متغیری در پیش‌بینی کیفیت نانوایی استفاده نمود.

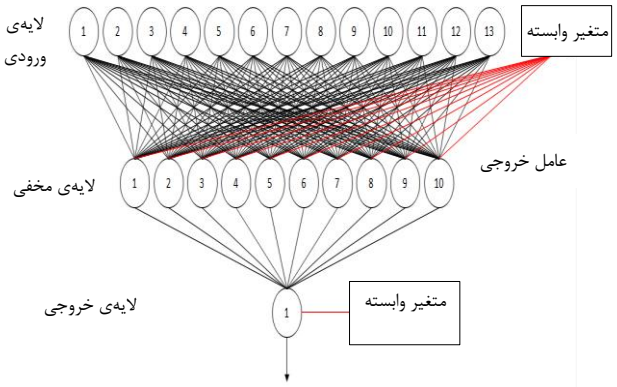
۳.۳ مدل شبکه عصبی مصنوعی

در این مطالعه ۶ صفت اول، صفت‌های شیمیایی هستند که به ترتیب شامل درصد پروتئین، رسوب زلنی، حجم نان، سختی دانه، میزان جذب رطوبت و گلوتن مرطوب هستند (شکل ۱). هفت ضریب بعدی از ۷ تا ۱۳ شامل پارامترهای فارینوگرافی به ترتیب شامل درصد جذب آب، زمان رسیدن و تکامل خمیر، زمان رسیدن خمیر به خط ۵۰۰ منحنی برابندر، عدد کیفی فارینوگراف، ثبات و پایداری خمیر، زمان شل‌شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه و در مجموع ۱۳ صفت مورد مطالعه قرار گرفتند تا بهترین مدل پیش‌بینی کیفیت نانوایی گندم مشخص گردد. لازم به ذکر است که عدد والوریمتری خمیر به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد (شکل ۱).

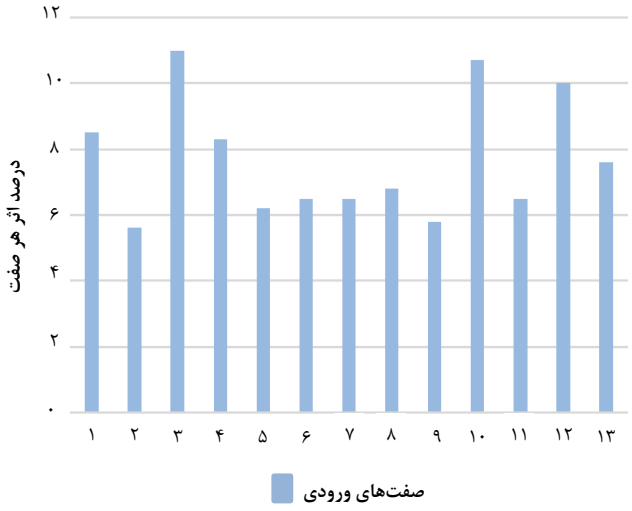
از بین صفت‌های مطالعه‌شده با استفاده از صفت‌های شیمیایی شامل درصد پروتئین (۱) و حجم نان (۳) و آزمون فارینوگرافی شامل عدد کیفی فارینوگراف (۱۰) و زمان شل‌شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه (۱۲) روی کیفیت نانوایی گندم تأثیر زیادی داشتند (شکل ۲). ۴ پارامتر فوق به ترتیب با درصد تأثیر ۸٫۵، ۱۱، ۱۰٫۷ و ۱۰ به عنوان تأثیرگذارترین پارامترها روی کیفیت نانوایی محسوب می‌شوند. در پیش‌بینی خصوصیت‌های شارش‌شناختی بنیادی خمیر با استفاده از شبکه‌ی عصبی [۲۶] اندیس گلوتن و عدد زلنی به عنوان مؤثرترین پارامترها بر تغییر ویژگی‌های شارش‌شناختی خمیر شناسایی شدند. مطالعات انجام شده با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی به منظور تخمین مقادیر شاخص‌های مرتبط با کیفیت نانوایی گندم حاکی از آن است که این روش قابلیت پیش‌بینی این خصوصیات نظیر حجم نان [۲۷]؛ صفت‌های اندازه‌گیری شده توسط فارینوگراف شامل جذب آب، زمان رسیدن و تکامل خمیر، زمان ثبات و پایداری خمیر، زمان شل‌شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه و شاخص والوریمتر [۲۸]؛ و صفت‌های کیفی آرد اندازه‌گیری شده توسط دستگاه طیف‌سنجی زیرقرمز شامل میزان پروتئین، سختی، نسبت سختی به تورم خمیر، میزان رطوبت و رسوب زلنی [۲۹] با دقت‌های مختلف و قابل‌قبولی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. متغیرهای مستقل وارد شده در مدل (صفت‌های ۱ تا ۱۳ لایه‌ی اول) و متغیر وابسته.



شکل ۲. تجزیه‌ی پارتو برای تعیین درصد اثر هر ضریب روی پاسخ (MAE = ۰٫۰۰۰۰۳ و MSE = ۰٫۰۰۲۲).

در این پژوهش از شبکه‌ی عصبی پیش‌خور با الگوریتم آموزشی لونبرگ- مارکوارت و توپولوژی ۱۳:۱۰:۱ برای مدل‌سازی تعیین پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت نانوایی گندم استفاده شد. از تابع انتقال اِس‌شکل به‌طور گسترده به عنوان تابع انتقال لایه‌های مخفی و خروجی شبکه‌ی عصبی انتشار معکوس[1] استفاده می‌شود. ضریب تبیین برای بهترین شبکه‌ی آموزش داده‌شده برابر با ۰٫۹۹۹۸۵، میانگین خطای مطلق برابر با ۰٫۰۰۰۰۳ و میانگین خطا برابر با ۰٫۰۰۲۲ به‌دست آمد. با استفاده از وزن‌ها و متغیر وابسته به‌دست آمده می‌توان اهمیت نسبی متغیرهای ورودی و تأثیرگذار روی خروجی را محاسبه نمود.

با استفاده از ضریب‌های جدول ۳ از طریق رابطه‌ی (۴) تمامی پیش‌بینی‌های ممکن برای کیفیت نانوایی گندم را می‌توان انجام داد.

$$Y=W_1.X+Bias \qquad (۴)$$

مقدار ضریب تبیین برای منحنی آزمون ۰٫۹۶۴، منحنی تأیید ۰٫۹۹۹، منحنی آموزش ۰٫۹۹۹ و در کل ۰٫۹۹۹ است. برای آموزش شبکه‌ی عصبی از بین ۲۴ مجموعه داده‌ی آزمایشگاهی به‌دست آمده، ٪۷۰ برای آموزش، ٪۱۵ برای آزمون شبکه و ٪۱۵ برای معتبرسازی شبکه استفاده شد. شبکه‌های عصبی مصنوعی ابزار توانمندی در پیش‌بینی خصوصیت‌های شارش‌شناختی خمیر هستند.

۴. نتیجه‌گیری

در ژن‌مانه‌ی RO-۳ خصوصیت شیمیایی عدد زلنی، میزان سختی دانه، گلوتن مرطوب و درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشت. در ژن‌مانه‌ی O-۶۴-۱-۱۰ صفت‌های درصد جذب آب و عدد والوریمتری افزایش معنی‌دار و صفت درجه‌ی سست‌شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. بنابراین با توجه به نتیجه‌های این پژوهش در بین ژن‌مانه‌های مورد بررسی ژن‌مانه‌های جهش‌یافته‌ی RO-۳ نسبت به شاهد دارای خصوصیت‌های کیفی نانوایی برتری هستند. آزمون حساسیت شبکه‌ی بهینه به خوبی اهمیت پیش‌بینی‌کنندگی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آرد بر تغییرات خصوصیت‌های شارش‌شناختی بنیادی خمیر را نشان می‌دهد که بر این اساس میزان درصد پروتئین، حجم نان، عدد کیفی فارینوگراف و درجه‌ی سست‌شدن خمیر بیش‌ترین تأثیر را در مدل شبکه‌ی عصبی داشتند. نتیجه‌ها، نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت پرتودهی در بهبود خاصیت‌های کیفی خمیر نان است.

1. Back propagation

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. ماتریس وزن‌ها و متغیر وابسته (W۱: وزن‌های بین لایه‌های ورودی و مخفی؛ W۲: وزن‌های بین لایه‌های مخفی و خروجی)

W														W۲		
متغیرها														خروجی	عصب	وزن
عصب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳			
۱	۰٫۶۵	۱٫۸۳	۱٫۶۱	-۳٫۲۷	-۱٫۲۳	-۳٫۲۶	-۰٫۲۴	۲٫۹۱	-۲٫۱۱	۳٫۶۲	-۱٫۱۱	۲٫۷۷	۲٫۳۹	-۵٫۶۲	۱	-۰٫۷۹
۲	-۲٫۵۶	۱٫۸۷	-۰٫۸۳	-۱٫۷۹	-۲٫۸۹	-۱٫۷۵	۰٫۱۴	۳٫۸۹	۰٫۳۸	-۳٫۲۸	۰٫۹۷	-۳٫۴۲	۱٫۰۲	۸٫۲۴	۲	-۰٫۰۴
۳	۲٫۱	۱٫۱۸	۱٫۳۱	-۴٫۱	۰٫۹۳	-۰٫۷۵	-۱٫۱۷	-۲٫۵	۱٫۳۹	-۳٫۸	۰٫۶۱	۴٫۱۷	۲٫۴۹	-۳٫۱	۳	-۱٫۷۴
۴	۰٫۱۶	۰٫۳۹	۲٫۴۴	-۰٫۲۱	۳٫۴۱	۰٫۹	-۲٫۰۳	-۰٫۴۳	۱٫۴۲	۳٫۶۳	۱٫۵۹	-۴٫۵۵	۲٫۶۱	-۵٫۴۲	۴	۱٫۰۶
۵	-۱٫۷۱	-۰٫۷۳	۲٫۶۸	-۱٫۰۹	-۰٫۷۷	۲٫۶۶	-۳٫۸۱	۳٫۵۱	۰٫۲۱	-۲٫۲۷	۰٫۸۶	۲٫۶۵	-۳٫۵۴	-۰٫۱۶	۵	-۰٫۷۶
۶	۳٫۶۴	۱٫۲۷	۳٫۶۵	۰٫۸۵	۲٫۱۳	-۰٫۰۸	-۲٫۹	۱٫۶۳	-۰٫۱۸	-۳٫۷۹	-۰٫۱۹	۳٫۴۸	-۰٫۹۴	-۰٫۰۱	۶	-۰٫۲۵
۷	۲٫۴	۱٫۸۲	۳٫۲	۳٫۲۶	۱٫۳۹	-۰٫۶۱	۱٫۵۳	۲٫۲۶	-۲٫۶۱	۱٫۶۵	-۲٫۹۵	-۲٫۴۳	۱٫۴۴	-۴٫۹۸	۷	-۱٫۸۸
۸	۳٫۷۱	۲٫۳	۳٫۷۹	-۲٫۲۴	-۰٫۵۸	۲٫۸۴	-۲٫۱۶	۰٫۲۶	-۰٫۳۴	-۳٫۱۹	۳٫۲۲	۰٫۳۸	۰٫۱۵	۰٫۲۳	۸	۱٫۵۴
۹	-۲٫۱۷	-۰٫۹۷	-۳٫۱۸	-۰٫۷۱	۱٫۰۵	-۰٫۶۸	۰٫۹۷	-۲٫۵۵	-۳٫۷۸	۲٫۲۸	-۱٫۸۲	۳٫۱۵	۳٫۱۴	-۰٫۷	۹	-۱٫۶۶
۱۰	-۲٫۷۳	-۱٫۷۲	-۳٫۸۸	۲٫۱۶	۳٫۰۹	۲٫۹۶	۱٫۵۹	۱٫۳۹	۱٫۱۴	-۲٫۸۹	۱٫۴	-۱٫۸۹	۱٫۶۱	-۵٫۳۶	۱۰	۲٫۶
															متغیر وابسته	-۰٫۱

مراجع

1. S.F. Majd, M.R. Ardekani, *Nuclear techniques in agriculture*, Tehran University Press, (2009) (In Persian).
2. L.M. Corpuz, E.G. Heyne, G.M. Paulsen, *Increasing grain protein content of hard red winter wheat (Triticum aestivum L.) by mutation breeding*, Theoretical and Applied Genetics, **65,** 41-46 (1983).
3. M. Mangova, G. Rachovska, *Technological characteristics of newly developed mutant common winter wheat lines*, Plant Soil Environment, **50**, 84–87 (2004).
4. M.S. Swaminathan, *Role of mutation breeding in a changing agriculture. Induced mutations in plants,* In: Proc Symposium of IAEA-FAO, Pullman. IAEA, Vienna, 719-734 (1969).
5. N.O. Kozub, et al, *Study of the effects of gamma-irradiation of common wheat F1 seeds using gliadins as genetic markers*, Tsitol Genetic, **47,** 17-25 (2013).
6. S.M. Mousavi, et al, *Modelling and optimization of Mn/activate carbon nanocatalysts for NO reduction: comparison of RSM and ANN techniques*, Environmental technology, **34,** 1377-1384 (2013).
7. M. Safa, S. Samarasinghe, M. Nejat, *Prediction of Wheat Production Using Artificial Neural Networks and Investigating Indirect Factors Affecting It: Case Study in Canterbury Province*, New Zealand. Journal of Agricultural Science and Technology, **17,** 791-803 (2015).
8. R. Alvarez, *Predicting Average Regional Yield and Production of Wheat in the Argentine Pampas by an Artificial Neural Network Approach*, European Journal Agronomy, **30, 70-77** (2009).
9. M. Faramarzi, et al, *Modeling Wheat Yield and Crop Water Productivity in Iran: Implications of Agricultural Water Management for Wheat Production*, Agriculture Water Management. **97,** 1861-1875 (2010).
10. M. Özdoğan, *Modeling the Impacts of Climate Change on Wheat Yields in Northwestern Turkey*, Agriculture Ecosystem Environment, **141,** 1-12 (2011).
11. C. Folberth, et al, *Impact of Input Data Resolution and Extent of Harvested Areas on Crop Yield Estimates in Large scale Agricultural Modeling for Maize in the USA*, Ecological Modelling, **235–236,** 8-18 (2012).
12. *AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 8th Edition*, St Paul, Minessot, (1990).
13. Anonymous, Instruction manual, Farinograph -E, Publication No 17073.5E. Brabender Gesellschaft mit beschränkter Haftung, 1-56 (2006).
14. A.R. Khataee. M.B. Kasiri, *Artificial neural networks modeling of contaminated water treatment processes by homogeneous and heterogeneous Nano-catalysis.* Journal Molecular, Catalysis A: Chemical, **331,** 86–100 (2010).
15. F. Shahinnia, A. Rezaie, A. Saedi, *Variation and path coefficient analysis of bread making quality traits in breeding lines, cultivars and landrace varieties of wheat,* Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources, **6,** 77-88 (2002).

www.SID.ir

Archive of SID

16. A. Arzani, *Grain quality of durum wheat germplasm as affected by heat and drought stress at grain filling period*, Wheat Information Service, **94,** 9-14 (2002).
17. M. Rajabi Hashjin, et al, *Evaluating the Cooking Quality Traits in Bread and Durum Wheat*, Crop Biotech, **4,** 33-41 (2013) (In Persian).
18. H. Ahmadi-Gavligi, et al, *Protein content of important wheat varieties in Iran and their technological properties*, Food Science and Technology, **2**, 1-7 (2004) (In Persian).
19. D.B. Fowler, J. Brydon, I.A. Delaroche, *Environmental and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye*, Agronomy Journal, **82,** 655-664 (1990).
20. D.B. Fowler, I.A. Delaroche, *Wheat quality evaluation: Influence of genotype and environment*. Canadian Journal of Plant Science, **55,** 263-269 (1975).
21. A.C.S. Rao, et al, *Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat*, Crop Science, **85,** 1023-1082 (1993).
22. G. Najafian, et al, *Bread making quality attributes of Iranian trade cultivars of wheat and their HMW glutenin subunits composition, In: Proceedings of 11 International*, Wheat Genetics Symposium, (2008).
23. F. Balestra, *Empirical and fundamental mechanical tests in the evaluation of dought and bread rheological properties*, Alma master Studiorum University Dibologna, 1-169 (2009).
24. M. Akbari Rad, et al, *Study of genetic variation in baking quality related characteristics in bread wheat advanced lines and commercial cultivars*, Iranian Journal of Crop Sciences, **12,** 213-226 (2010) (In Persian).
25. R.B. Gupta, et al, *Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheat*, Experimental Botany, **47,** 1377-1385 (1996).
26. H. Abbasi, M. Mohammadifar, *Prediction of Fundamental Rheological Properties of Dough with Artificial Neural Networks-Genetic Algorithm.* Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, **10,** 67-77 (2015).
27. Y. Horimoto, et al, *Neural Networks vs Principal Component Regression for Prediction of Wheat Flour Loaf Volume in Baking Tests.* Journal Food Science, **60,** 429-433 (1995).
28. E. Razmi-Rad, *Prediction of rheological properties of Iranian bread dough from chemical composition of wheat flour by using artificial neural networks.* Journal of Food Engineering, **81,** 728-734 (2007).
29. A.C. Mutlu, et al, *Prediction of wheat quality parameters using near-infrared spectroscopy and artificial neural networks.* European food research and technology, **233**, 267-274 (2011).

www.SID.ir