

مدل سازی فرایند پخت در حین استخراج روغن از دانه‌های آفتابگردان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقیاس صنعتی

حمید بخش آبادی^۱، مرضیه وحدانی^۲، معصومه مقیمی^{۳*}، مسعود بذرافشان^۴، شیلان رشیدزاده^۵، ابولفضل بوژمهرانی^۶

۱- دانشجوی دکتری مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

۳- گروه شیمی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران

۴- دانش آموخته دکتری تکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۵- مدرس دانشگاه پیام‌نور شهرستان گرگان

۶- عضو هیئت مدیره شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۵)

چکیده

مرسوم‌ترین روش‌های استخراج روغن از دانه‌های روغنی، استفاده از پرس و حلال می‌باشد که موثرترین روش استخراج روغن آفتابگردان، مانند سایر دانه‌های با درصد روغن بالا نظیر کلزا، پرس مکانیکی و به دنبال آن استخراج با حلال می‌باشد. در این تحقیق به منظور مدل‌سازی فرایند استخراج روغن از دانه‌های آفتابگردان در مقیاس صنعتی از ۳ سطح دمای پخت (۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و سه سطح رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت (۷، ۵/۷ و ۸ درصد) استفاده گردید و میزان روغن، رطوبت و پروتئین کنجاله و درصد مواد ریز نامحلول در روغن و اسیدیته روغن مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش‌بینی روند تغییرات از ابزار شبکه‌های عصبی مصنوعی در نرم‌افزار MATLAB R2013a استفاده شد. با بررسی شبکه‌های مختلف شبکه‌ی پس‌انتشار پیشخور با توپولوژی‌های ۲-۵-۱۰ با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۹۹ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۰۰۳ و با بکارگیری تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، الگوی یادگیری لونیبرگ-مارکوات و چرخه یادگیری ۱۰۰۰ به عنوان بهترین مدل عصبی مشخص گردید. نتایج حاصل از مدل‌های بهینه‌ی انتخاب شده نیز ارزیابی گردید و این مدل‌ها با ضرایب همبستگی بالا (بیش از ۰/۹۶) قادر به پیش‌بینی روند تغییرات بودند.

کلید واژگان: دانه‌های آفتابگردان، روغن‌کشی، مدل‌سازی، شبکه عصبی

۱- مقدمه

گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهمترین دانه‌های روغنی شناخته شده می‌باشد که با توجه به کیفیت مطلوب روغن و همچنین واکنش مطلوبی که در شرایط نامساعد محیطی مثل تنش خشکی از خود نشان می‌دهد، از جایگاه ویژه‌ای در تناوب‌های زراعی برخوردار است [۱ و ۲]. در ابتدا از دانه‌های آفتابگردان، به‌عنوان غذا استفاده می‌شده و از گل‌های آن رنگ‌های طبیعی زرد و ارغوانی استخراج می‌گردیده است. برای اولین بار، در بین سال‌های ۱۸۳۰-۱۸۴۰ روغن‌گیری از دانه‌های این گیاه به صورت تجاری صورت گرفته است. کشورهای آرژانتین، روسیه، اتحادیه اروپا و چین بزرگ‌ترین تولید کنندگان آفتابگردان در دنیا هستند [۳]. روغن دانه آفتابگردان دارای کیفیت بسیار عالی برای نیازهای تغذیه‌ای است به طوری که در سال‌های اخیر رقم‌های زراعی با درصد روغن بالا و مخصوصاً دارای اسید اولئیک زیاد نقش مهمی در پرورش گیاه این محصول داشته است [۴]. دانه‌های آفتابگردان در حدود ۴۰ درصد روغن دارند که ۱۵ درصد از اسیدهای چرب آن اشباع و ۸۵ درصد آن غیراشباع هستند، همچنین این روغن دارای بالاترین مقدار آلفا توکوفرول در بین روغن‌های خوراکی معمول می‌باشد [۵]. مرسوم‌ترین روش‌های استخراج روغن از دانه‌های روغنی، استفاده از پرس و حلال می‌باشد که موثرترین روش استخراج روغن آفتابگردان، مانند سایر دانه‌های با درصد روغن بالا نظیر کلزا، پرس مکانیکی و به دنبال آن استخراج با حلال می‌باشد که پرس در حدود ۶۰ درصد و استخراج با حلال مابقی روغن آن را خارج می‌کند [۶]. به دلایل اقتصادی و عملی هگزان عمده‌ترین حلال مورد استفاده در استخراج روغن از دانه‌های روغنی مختلف نظیر سویا، آفتابگردان و کتان به شمار می‌رود. هگزان بازده بسیار بالایی در استخراج روغن از دانه‌های روغنی دارد [۷]. پارامترهای مختلفی بر خواص کمی و کیفی روغن و کنجاله حاصل از دانه‌های روغنی اثرگذار می‌باشند، بدین منظور رستمی و همکاران به منظور یافتن بهترین شرایط استخراج روغن از دانه‌های کنجد، درجه حرارت دیگ پخت و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت را تنظیم نمودند [۸]. پرپور و همکاران (۱۹۹۱) با بررسی اثر حرارت بر کیفیت روغن کلزای استخراج شده، اعلام کردند که افزایش دما منجر به افزایش میزان اسیدپتیه روغن می‌شود و استخراج روغن در

دماهای پایین سبب بهبود کیفیت روغن گردید [۹]. بوسلی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که افزایش دمای همزن در استخراج روغن زیتون منجر به افزایش اسیدپتیه روغن شد [۱۰]. پژوهشگرانی در سال ۲۰۰۲ به بررسی پارامترهای موثر بر استخراج روغن از دانه کنجد توسط روش استخراج با حلال فوق بحرانی پرداختند، آنها بیان داشتند، برای دستیابی به حداکثر راندمان باید فشار و دمای فرایند را به ترتیب روی ۲۷۶ بار و ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم نمود [۱۱].

امروزه شبکه‌ی عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار قدرتمند نقش مهمی در پیش‌بینی پارامترهای فرایند ایفا می‌نماید. اولین مدل ریاضی نرون مصنوعی در ابتدا توسط مک کولاک و پیترس پیشنهاد گردید [۱۲]. یک نرون مصنوعی از واحد پردازشی مقدماتی با چندین ورودی و یک خروجی تشکیل شده است. ورودی‌های نرون می‌توانند خروجی‌های سایر نرون‌ها یا خروجی‌های ساده‌ی بیرونی باشد. خروجی از یک سلول عصبی می‌تواند ورودی به چندین سلول عصبی دیگر باشد. همچنین، سیگنال‌های ورودی به نرون‌ها توسط وزن‌های ویژه اصلاح می‌گردد [۱۳]. گروهی از محققین با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، انتقال جرم در طی آبگیری اسمزی پوست لیموی آفریقایی^۱ [۱۴]، فرایند خشک‌کردن هویج [۱۵]، برش‌های گوجه فرنگی [۱۶] و یا مدل‌سازی خیساندن گندم [۱۷]، بهینه‌سازی استخراج لیکوپین از ضایعات و تفاله گوجه‌فرنگی [۱۸]، مدل‌سازی زمان انجماد و رفع انجماد [۱۹] را مورد بررسی قرار دادند. همچنین این روش در فرایند خشک‌کردن انجمادی و در مورد محصول توت فرنگی نیز مورد استفاده قرار گرفته بود [۲۰].

کُک^۲ و همکاران (۲۰۰۷) از شبکه عصبی و ژنتیک الگوریتم برای پیش‌بینی محتوی چربی آزاد، کریستالیزاسیون لاکتوز و میانگین اندازه ذرات در طی فرایند تولید شیر خشک کامل با کمک خشک‌کن افشانه‌ای استفاده نمودند [۲۱]. با توجه به این‌که هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه‌ی استخراج روغن از دانه‌های آفتابگردان در مقیاس صنعتی صورت نگرفته است به‌همین دلیل پژوهش حاضر به منظور دستیابی به مدلی ساده، سریع، دقیق و کارآمد با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمینه‌ی استخراج روغن از دانه‌های آفتابگردان و در مقیاس صنعتی انجام شده است.

1. kaffir lime peel

2. Koc

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه نمونه

دانه‌های آفتابگردان مورد استفاده در این تحقیق از سراسر ایران تهیه و برای تولید روغن و کنجاله به شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان شهرستان نیشابور انتقال یافتند.

۲-۲- استخراج روغن

دانه‌های روغنی بعد از ورود به کارخانه، وارد سیلوهای نگهداری که به شکل کندو می‌باشند، شدند و بعد از ورود به مرحله فراوری، مواد زائد آن از قبیل خار و خاشاک، سنگ و سایر مواد دیگر توسط بوجاری جداسازی گردید. بعد از تمیزکردن، دانه‌ها وارد کراکر گردید و به ذراتی با اندازه کوچکتر تبدیل شدند و سپس از آنجا وارد دیگ پخت دو جداره شد که در این مرحله دما و رطوبت دیگ طوری تنظیم گردید که محصول خروجی دارای سه دمای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و دانه‌های خروجی در هر دما دارای رطوبت ۷، ۷/۵ و ۸ درصدی باشند، لازم به ذکر است که دانه‌ها برای مدت ۹۰ دقیقه در دیگ پخت قرار داشتند. در این مرحله با استفاده از دماسنج‌های الکترونیکی دمای پخت به دقت بررسی شد. سپس دانه‌های حرارت دیده به صورت پرک در می‌آیند و به دستگاه پرس حلزونی وارد شده و روغن دانه‌ها گرفته می‌شود. مقدار روغن موجود در دانه از حدود ۴۱ درصد به ۲۰-۱۶ درصد کاهش یافت. کیک پرس خروجی دستگاه به مرحله استخراج با حلال (شرایط دمایی ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و برای ۷ ساعت) فرستاده شد و مابقی روغن کیک پرس با اضافه کردن حلال هگزان به آن گرفته شد. خروجی استخراج کننده، میسلا (مخلوط روغن- حلال) و کنجاله است که برای خروج ذرات ریز، میسلا از یک صافی گذشته و در یک دستگاه حلال‌زدایی، حلال خارج و بازیابی شد. کنجاله نیز در دستگاه حلال‌زدا- برشته‌کن^۱، حلال‌زدایی گردید [۸ و ۲۲]. در کارخانه پنبه و دانه‌های روغنی خراسان که این تحقیق صورت پذیرفت از اکستراکتور^۲ داسمیت که نوعی استخراج کننده افقی با جریان ناهمسو حلال و کیک پرس است، استفاده گردید. برای نمونه‌برداری از روغن در مکان‌های مختلفی در حین فرایند و انتقال روغن به مخازن نگهداری از شیرهای تعبیه شده در طول مسیر استفاده گردید و برای کنجاله از قسمت‌های مختلف انبار به صورت تصادفی نمونه‌برداری و بعد از اختلاط آن‌ها نمونه آماده شد و آزمایشاتی به شرح ذیل روی روغن و کنجاله حاصل صورت پذیرفت.

۲-۳- میزان رطوبت

میزان رطوبت بر طبق روش ۴۴-۱۵ AOAC و با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد [۲۳].

$$\text{میزان رطوبت \%} = \frac{(W_1 - W_2)}{m} \times 100 \quad (1)$$

در معادله ۱، W_1 وزن اولیه ظرف خالی به همراه نمونه قبل از خشک کردن، W_2 وزن ظرف و نمونه بعد از خشک کردن و m بیانگر وزن نمونه می‌باشد.

۲-۴- میزان روغن

مقدار روغن بر اساس روش AOAC و با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین شد [۲۳].

۲-۵- تعیین میزان پروتئین

میزان ازت در کنجاله با استفاده از دستگاه کج‌جدال تمام اتوماتیک اندازه‌گیری شد که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود و با استفاده از ضریب تبدیل ۶/۲۵، میزان پروتئین محاسبه شد [۲۳].

۲-۶- میزان مواد ریز نامحلول در روغن (لرد

روغن)

روغن استخراج شده دارای مقداری مواد جامد ریز است که باید از روغن جدا شود. این عمل در تانک‌های ته نشینی انجام و مواد ریز به صورت لرد در انتهای تانک جمع و روغن صاف می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان لرد روغن، ۱۰ میلی‌لیتر روغن به درون لوله‌های سانتریفوژ ریخته شد و سپس با سانتریفوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد و در نهایت ده برابر میزان مواد ته نشین شده درون لوله برحسب درصد لرد بیان گردید [۸ و ۲۲].

۲-۷- اسیدیته روغن

برای تعیین اسیدیته روغن از روش AOCS (۱۹۹۳) استفاده شد و نتایج بر حسب درصد اسید اولئیک بود [۲۴].

۲-۸- مدل‌سازی با استفاده از شبکه‌های عصبی

مصنوعی

جهت تعیین شبکه عصبی بهینه از ابزار شبکه عصب نرم افزار مطلب استفاده شد. جهت طراحی این شبکه دو ورودی درجه حرارت دیگ پخت و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت در یک ماتریس دو سطری و میزان روغن، رطوبت و پروتئین کنجاله، میزان مواد ریز نامحلول در روغن و اسیدیته روغن در

1. Desloventizer - Toaster
2. Extractor

خروجی با ۵ نورون) با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹۹ و میانگین مربعات خطا برابر با ۰/۰۰۳ به عنوان شبکه عصبی بهینه انتخاب می‌شود. همچنین میزان بالای ضرایب همبستگی نمودارهای شکل ۳ که مقادیر پیش‌بینی شده توسط این شبکه بهینه در مقابل داده‌های آزمایشگاهی را برای ۵ متغیر خروجی مورد نظر نشان می‌دهد را می‌توان دلیلی دیگر بر دقت بالای این مدل دانست. خزایی و دانشمندی (۲۰۰۷)، خشک‌کردن لایه نازک یکی از دانه‌های روغنی را با استفاده از مدل‌های ریاضی و همچنین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. مدل‌های ریاضی بررسی شده شامل مدل پیچ، هندرسون و پایس، لگاریتمیک و ویبول بود که با مدل شبکه عصبی مقایسه گردیدند. شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های ریاضی با قدرت بهتری قادر به پیش‌بینی پارامتر مورد نظر بود. شبکه بهینه‌ی انتخاب شده با توپولوژی ۲-۳-۱ با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک سیگموئیدی بود. این مدل قادر به پیش‌بینی نسبت رطوبت با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۹۸ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۰۱۹۲ بود [۲۵]. دولت‌آبادی و همکاران (۲۰۱۶) به منظور استخراج لیکوپین از ضایعات تفاله گوجه‌فرنگی از مدل‌سازی شبکه عصبی استفاده نمودند و بیان داشتند که با توجه به دقت شبکه عصبی بدست آمده و قدرت بالای آن در تخمین و پیش‌بینی میزان استخراج لیکوپین و فعالیت رادیکال گیرندگی به روش DPPH، و عنایت به این امر که اندازه‌گیری این خصوصیات در آزمایشگاه، علاوه بر وقت‌گیر و هزینه‌بر بودن تحت تاثیر اشتباهات اپراتورها می‌باشد، می‌توان از این سیستم‌های هوشمند که با سرعت و دقت بالا خصوصیات مدنظر را تعیین می‌کند، استفاده نمود و به‌دین طریق صرفه‌جویی قابل توجه‌ای در هزینه و زمان داشت [۱۸]. لو و همکاران (۲۰۰۸) نیز استفاده از شبکه‌های عصبی مختلف را در صنعت روغن مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاکی از دقت قابل قبول این روش در مدل‌سازی فرایندها در مقیاس صنعتی بود [۲۶]. در مطالعه‌ای دیگر پرزیبایلسکی و همکاران (۲۰۰۰) ویژگی‌های مختلف روغن کانولا را با استفاده از شبکه عصبی شبیه‌سازی نمودند و نتایج این بررسی نشان داد که مدل ارائه شده می‌تواند جانشین بسیار قدرتمندی برای سایر مدل‌های آماری باشد [۲۷]. نوراویان و همکاران (۲۰۱۰) برای بهینه‌سازی فرایندهای صمغ‌گیری و رنگ‌بری روغن پالم از روش شبکه‌های عصبی استفاده کردند. در واقع این محققین از این روش برای بهینه‌سازی مقدار مصرفی فسفریک اسید (عامل صمغ‌گیری) و خاک رنگ‌بر (عامل رنگ‌بر) استفاده کردند. نتایج این پژوهش بیانگر این امر بود که استفاده از این روش می‌تواند با

یک ماتریس ۵ سطری به عنوان هدف تعریف گردید. شبکه‌های عصبی مختلف شامل توابع فعال‌سازی و یادگیری متفاوت و همچنین تعداد نرون مختلف در لایه‌ی پنهان طراحی و میزان کارایی آنها با استفاده از دو معیار ارزیابی ضریب همبستگی (R^2) و میانگین مربعات خطا (MSE) که به ترتیب با معادله‌های ۲ و ۳ تعیین می‌شوند، مشخص گردید. ابتدا با آموختن شبکه‌های عصبی مختلف، شبکه عصبی پیشخور با بالاترین کارایی انتخاب گردید و تعداد چرخه‌های یادگیری نیز ۱۰۰۰ در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این موارد، شبکه‌های عصبی مختلف حاوی یک لایه‌پنهان که تعداد متفاوتی از نرون‌ها از ۱ تا ۱۰ مورد را می‌توانست داشته باشد طراحی گردید. جهت اتصال لایه‌ی ورودی به لایه‌ی پنهان توابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، لگاریتمی و خطی در مراحل مختلف آزمون و خطای شبکه‌ها استفاده گردید. همچنین جهت اتصال لایه‌ی پنهان به لایه‌ی خروجی تابع فعال‌سازی خطی به صورت ثابت استفاده شد. علاوه بر موارد ذکر شده دو الگوی یادگیری متفاوت شامل الگوی لونبرگ - مارکوات^۱ و جهنده^۲ در شبکه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت و تاثیر آنها بر دقت شبکه‌ها ارزیابی گردید.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{pi} - Y_{fi})^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{pi} - \bar{Y})^2}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{pi} - Y_{fi})^2$$

در این معادلات Y_{pi} نسبت ویژگی‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه، Y_{fi} نسبت ویژگی‌های حاصل از انجام آزمایشات و \bar{Y} میانگین نسبت‌های ویژگی‌های آزمایشگاهی و N تعداد کل مشاهدات است.

۳- نتایج و بحث

جداول ۱ تا ۳ مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع الگوی یادگیری را بر دقت پیش‌بینی شبکه‌های عصبی پس‌انتشار پیشخور به ترتیب با توابع انتقال تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، لگاریتمی و خطی و چرخه یادگیری ۱۰۰۰، را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی ارائه شده در این جداول، شبکه عصبی پیشخور با تابع انتقال تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، تابع یادگیری لونبرگ مارکوات و با توپولوژی ۲-۱۰-۵ (لایه ورودی با ۲ نورون - یک لایه پنهان با ۱۰ نورون - لایه

1. Levenberg-Marquardt learning algorithm
2. Resilient backpropagation (trainrp)

عصبی مصنوعی توسط محققینی مانند آنتونیو و دورادو (۲۰۰۶) و مجاورام و همکاران (۲۰۰۸) با موفقیت انجام شده است [۲۹ و ۳۰].

بهینه‌سازی مقدار استفاده از این مواد صرفه قابل توجهی را در زمان و هزینه‌های فرایند روغن باعث شود [۲۸]. همچنین بهینه‌سازی پارامترهای فرایندی روغن‌های گیاهی خوراکی و همچنین ضایعات حاصل از آن‌ها با استفاده از شبکه‌های

Table 1 Comparison of the effect of neurons number of hidden layer and the type of learning function and activation function of hyperbolic sigmoid tangent on predicting accuracy of various properties of industrial oil extraction process from Sunflower in cooker.

Trainlm			trainrp	
neurons number	R ²	MSE	R ²	MSE
2	0.998	0.023	0.989	0.09
3	0.997	0.092	0.990	0.25
4	0.979	3.43	0.980	0.30
5	0.980	1.04	0.995	0.07
6	0.974	2.83	0.997	0.04
7	0.957	11.96	0.997	0.07
8	0.998	0.006	0.998	0.06
9	0.970	5.23	0.998	0.03
10	0.999	0.003	0.985	0.63

Table 2 Comparison of the effect of neurons number of hidden layer and the type of learning function and activation function of sigmoid logarithm on predicting accuracy of various properties of industrial oil extraction process from Sunflower in cooker.

trainlm			trainrp	
neurons number	R ²	MSE	R ²	MSE
2	0.989	0.04	0.997	0.09
3	0.994	0.37	0.993	0.08
4	0.997	0.63	0.998	0.04
5	0.980	7.63	0.992	0.30
6	0.998	0.03	0.995	0.11
7	0.930	4.52	0.984	0.32
8	0.969	0.05	0.995	0.15
9	0.998	0.07	0.993	0.73
10	0.998	0.04	0.984	2.51

Table 3 Comparison of the effect of neurons number of hidden layer and the type of learning function and linear activation function on predicting accuracy of various properties of industrial oil extraction process from Sunflower in cooker.

trainlm			trainrp	
neurons number	R ²	MSE	R ²	MSE
2	0.943	0.31	0.987	0.06
3	0.921	0.24	0.995	0.014
4	0.849	0.07	0.992	0.01
5	0.991	0.33	0.990	0.10
6	0.996	0.05	0.987	0.047
7	0.991	0.13	0.793	0.32
8	0.992	0.05	0.844	0.13
9	0.998	0.26	0.976	0.16
10	0.997	0.30	0.799	0.66

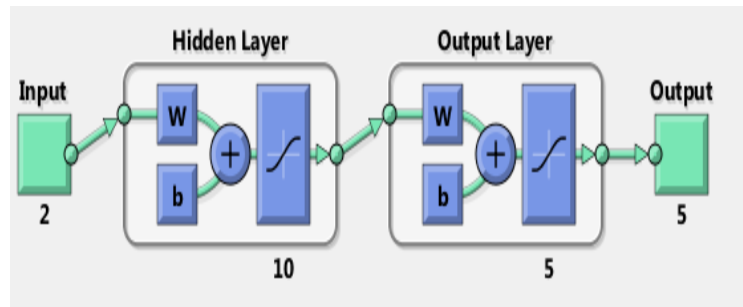
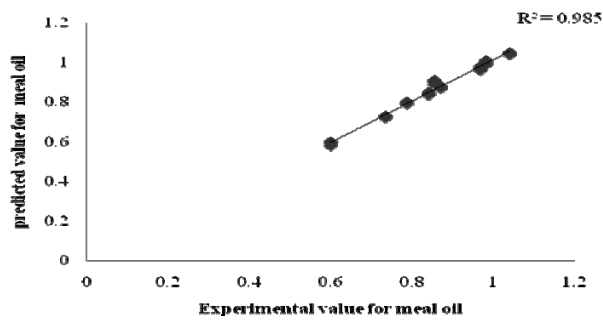
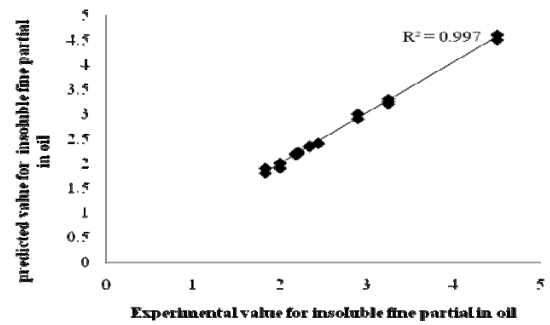


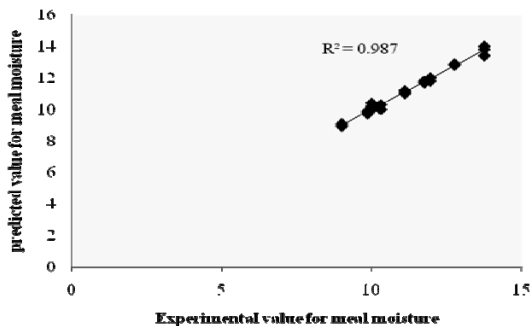
Fig 1 The Schema of a selected optimized network containing two neurons in input layer, 10 neurons in hidden layer with activation function of hyperbolic sigmoid tangent and 5 neurons in hidden layer with sigmoid logarithm activation function.



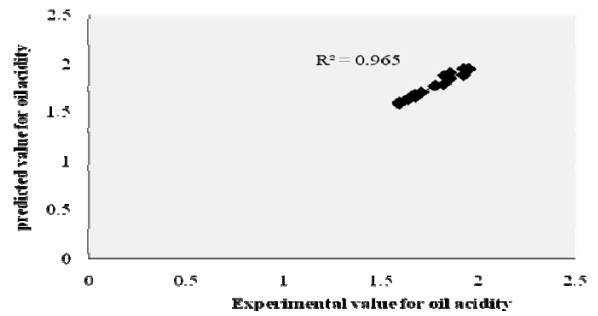
a)



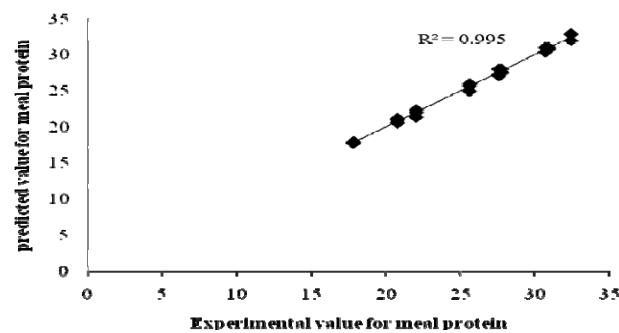
b)



c)



d)



e)

Fig 2 Diagram of predicted changes by the neural network for optimized topology (2-10-5) vs. laboratory's amount for meal oil (a), insoluble fine partial in oil (b), meal moisture (c), oil acidity (d) and meal protein (e).

با توجه به توپولوژی شبکه عصبی انتخاب شده که به صورت ۵-۱۰-۲ می باشد، ماتریس وزن برای لایه ورودی به لایه پنهان یک ماتریس 10×2 (اتصال ۲ نورون لایه ورودی به ۱۰ نورون لایه پنهان) و برای لایه پنهان به لایه خروجی یک

ماتریس 10×5 (اتصال ۱۰ نورون لایه پنهان به ۵ نورون لایه خروجی) به ترتیب به صورت ماتریس های A و B خواهند بود:

$$A = \begin{pmatrix} 4.1099 & -2.4445 \\ 2.6055 & 3.5443 \\ -3.5049 & 2.9124 \\ 4.1174 & 2.0999 \\ 4.4207 & -0.86468 \\ 4.0782 & 1.9418 \\ 1.3352 & 4.2088 \\ -3.3963 & -2.0042 \\ 0.93484 & -2.9656 \\ 2.9786 & 3.6542 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0.95007 & 0.7833 & -0.23084 & -0.44507 & -0.6355 & -0.13856 & -0.064328 & -0.10301 & -0.38127 & -0.66483 \\ 0.14806 & -0.5582 & 0.071592 & -0.79173 & 0.95482 & 0.87367 & 0.28236 & 0.86459 & -0.87687 & -0.2498 \\ 0.034622 & -0.349 & 0.10253 & 0.79787 & -0.95583 & -0.89667 & 0.44677 & -0.62298 & 0.18592 & -0.38429 \\ -0.59782 & -0.8727 & 0.36159 & 0.56882 & 0.71125 & 0.17776 & 0.49302 & -0.02959 & -0.90213 & -0.0426 \\ 0.7595 & -0.050 & -2.6361 & -2.3604 & -2.055 & 0.58784 & 2.0775 & 0.67313 & -0.027927 & -1.07416 \end{pmatrix}$$

در ضمن ماتریس های بایاس برای لایه پنهان (ماتریس C) و

لایه خروجی (ماتریس D) به ترتیب دو ماتریس 10×1 و 5×1 خواهد بود.

$$C = \begin{pmatrix} -4.031 \\ 3.5217 \\ 1.2376 \\ -2.435 \\ -0.33762 \\ 0.076756 \\ 0.7582 \\ -1.129 \\ -4.7681 \\ 3.8646 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} 0.21262 \\ -0.64574 \\ 0.22675 \\ -0.55123 \\ 0.68974 \end{pmatrix}$$

- [4] Gupta, R. K. and Prakash, S. 1992. The effect of seed moisture content on the physical properties of JSF-1 safflower. *Journal of Oilseeds Research*, 9, 209-216.
- [5] Gunstone, F. 2002. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Blackwell Publishing. 352pp.
- [6] Savoie, R., Lanoiselle, J.L. and Vorobiev, E. 2013. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. *Food Bioprocess Technol.* 6 (1), 1-16.
- [7] Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N. and Bawa. S. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7(1), 14-28.
- [8] Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. and Bakhshabadi, H. 2014. Optimizing the extraction process of sesame seed's oil using response surface method on the industrial scale. *Industrial Crops and Products*. 58, 160-165.
- [9] Prior, E., Vadke, V. and Sosulski, F. 1991. Effect of heat treatment on canola press oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 68, 407-411.
- [10] Boselli, E., Lecce, G.D., Strabbioli, R., Perialisi, G. and Frega, N. 2009. Are virgin olive oils obtained below 27°C better than those product at higher temperatures? *LWT Food Science and Technology*. 49 (3), 748-757.
- [11] Odabas, A.Z. and Balaban, M.O. 2002. Supercritical CO₂ extraction of sesame oil from raw seeds. *Journal of Food Science and Technology*. 39, 496-501.
- [12] Sablani, S. S., Shafiur Rahman, M., Datta, A. K., and Mujumdar, A. S. 2007. *Handbook of food and bioprocess modeling technology*. CRC press. P 378-380.
- [13] Wu, C.H. and McLarty, J. W. 2000. *Neural Networks and Genome Informatics*. Elsevier Publishing Co. USA
- [14] Lertworasirikul, S. and Saetan, S. 2010. Artificial neural network modeling of mass transfer during osmotic dehydration of kaffir lime peel. *Journal of Food Engineering*. 98, 214-223.
- [15] Erenturk, S. and Erenturk, K. 2007. Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for drying process of carrot. *Journal of Food Engineering*. 78: 905-912.
- [16] Poonnoy, P., Tansakul, A. and Chinnan, M. 2006. Artificial Neural Network Modeling for Temperature and Moisture Content Prediction in Tomato Slices Undergoing Microwave-Vacuum Drying.

تجزیه و تحلیل آماری فرایند نیز نشان داد که با افزایش درجه حرارت دیگ پخت میزان مواد ریز نامحلول و اسیدیته روغن افزایش ولی میزان رطوبت و روغن در کنجاله کاهش یافت. با افزایش میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت از میزان مواد ریز نامحلول روغن کاسته ولی بر میزان اسیدیته روغن افزوده گردید.

۴- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به پیچیدگی و تعدد عوامل موثر در فرایندهای صنعت غذا به خصوص در مقیاس صنعتی و نتایج این پژوهش می‌توان مدل عصبی ارائه شده را به عنوان مدلی قابل قبول برای مدل‌سازی این فرایندها معرفی نمود. با مشخص بودن تابع فعال‌سازی در شبکه‌های عصبی که در این تحقیق تابع تانزانت سیگموئید هیپربولیکی می‌باشد و همچنین در اختیار داشتن مقادیر وزن و بایاس، می‌توان روابط ایجاد شده توسط مدل عصبی را استخراج نمود. با تعریف این رابطه‌ی ریاضی ساده‌ی ایجاد شده، در یک نرم‌افزار کامپیوتری مانند اکسل، می‌توان برنامه‌ای کاربردی، ساده و دقیق برای پیش‌بینی پارامترهای موردنظر در فرایند پخت و مشروط کردن دانه‌های آفتابگردان در دیگ پخت قبل از فرایند استخراج روغن داشت. با توجه به دقت بالای مدل عصبی می‌توان با اطمینان بالا به پیش‌بینی این مدل‌ها اعتماد کرده و از این مدل‌ها برای بهینه‌سازی و کنترل فرایند استفاده نمود که این امر می‌تواند به صرفه‌جویی در انرژی و زمان منجر شده و از طرف دیگر محصول نهایی مطلوب‌تری را ایجاد کند.

۵- منابع

- [1] Bagheri, A.A. 2013. The effect of foliar nitrogen and on the qualitative and quantitative characteristics of the Sunflower. MSc. thesis. Faculty of Agriculture, University of Zabol. 110 p. (In Persian)
- [2] Emam, Y. and Eilkaee, M.N. 2002. Effects of plant density and chlormequat chloride (CCC) on morphological characteristics and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. *Iranian Journal of Crop Science*. 1: 1-8. (In Persian)
- [3] Weiss, E.A. 2000, *Oilseed crops, victoria, Australia*, second edition. 364pp.

- [24] AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, IL, 762p.
- [25] Khazaei, J. and Daneshmandi, S. 2007. Modeling of thin-layer drying kinetics of sesame seeds: mathematical and neural networks modeling. *International Agrophysics*. 21, 335-348
- [26] Lu, B., Zhang, Y., Wu, X. and Shi, J. 2007. Separation and determination of diversiform phytosterols in food materials using supercritical carbon dioxide extraction and ultraperformance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-mass spectrometry, *Analytica Chimica Acta*. 588. 50-63.
- [27] Przybylski, R. and Zambiasi, R. C. 2000. Predicting oxidative stability of vegetable oils using neural network system and endogenous oil components. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 925-932.
- [28] Noor Azian, M., Rohani, M. Z., Khairiyah Mohd, Y. and Mustafa Kamal, A. 2010. Process Modelling of Combined Degumming and Bleaching in Palm Oil Refining Using Artificial Neural Network. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 87, 1381-1388.
- [29] Antonio, J.Y. and Dorado, M.P. 2006. A neural network approach to simulate biodiesel production from waste olive oil. *Energy Fuels*. 20:399-402.
- [30] Machavaram, R., Jena, P.C. and Raheman, H. 2008. Prediction of optimized pretreatment process parameters for biodiesel production using ANN and GA. *Fuel* 88:868-875
- Journal of Food Engineering & Physical properties*, 49: 185-191.
- [17] Kashaninejad, M., Dehghani, A. A. and Kashiri, M. 2009. Modeling of wheat soaking using two artificial neural networks (MLP and RBF). *Journal of Food Engineering*. 91, 602-607.
- [18] Dolatabadi, Z., Elhami Rad, A.H., Farzaneh, V., Akhlaghi Feizabad, S.H., Estiri, S.H. and Bakhshabadi, H. 2016. Modeling of the lycopene extraction from tomato pulps. *Food Chemistry*. 190: 968-973.
- [19] Goni, S. M., Oddone, S., Segura, J. A., Mascheroni, R. H. and Salvadori, V. O. 2008. Prediction of foods freezing and thawing times: Artificial neural networks and genetic algorithm approach. *Journal of Food Engineering*. 84: 164-178.
- [20] Menlik, T., Bahadir Ozdemir, M. and Kirmaci, V. 2010. Determination of freeze-drying behaviors of apples by artificial neural network. *Expert System with Applications*. 37, 7669-7677.
- [21] Koc, A.B., Heinemann P. H. and Ziegler, G. R. 2007. Optimization of whole milk powder processing variables with neural networks and genetic algorithms. *Journal of Food and Bioproducts Processing*, 85: 336-343.
- [22] Bamgboye, A. and Adejumo, A. 2007. Development of a Sunflower Oil Expeller. *Agricultural Engineering International: the CIGR E journal*. Manuscript EE 06 015. Vol IX. September.
- [23] AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

Modeling the cooking process during the extraction of oil from Sunflower seeds using artificial neural networks on an industrial scale

Bakhshabadi, H. ¹, Vahdani, M. ², Moghimi, M. ^{3**}, Bazrafshan, M. ⁴,
Rashidzadeh, Sh. ⁵, Bojmehrani, A. ⁶

1. Ph.D. Student of Food Materials and Processing Design Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. M.Sc in Food Science and Technology, damghan Branch, Islamic Azad University, damghan, Iran
3. Department of Chemistry, Gonbad Kavoods Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoods, Iran,
4. Food Science and Technology, Islamic Azad University, Sabzevar Branch
5. Lecturer of Payame Noor University of Gorgan
6. Member of the Board of khorasan cotton and oil seeds company.

(Received: 2016/04/06 Accepted: 2016/07/26)

The most common methods of extraction of oil from oil seeds are pressing and solvent methods that the most effective method of extracting sunflower oil, like other seeds with high oil content such as rapeseed, is mechanical press and then solvent extraction. In this research, to model the process of oil extraction from sunflower seeds on an industrial scale, three levels cooking temperature (70, 80 and 90 ° C) and three levels of moisture of the output seeds from the cooker (7, 7.5 and 8 %) was used and the amount of oil acidity, the content of oil, protein and moisture of meal and the percentage of insoluble fine particles in oil were studied. To predict the changes' trend the artificial neural network in MATLAB R2013a software was used. By studying the various networks of back propagation feed forward network with topologies 2-10-5 with a correlation coefficient of more than 0.999 and the mean squared error of less than 0.003 and with using sigmoid hyperbolic of tangent activation function, the Levenberg–Marquardt learning algorithm and learning cycle of 1000 were specified as the best neural model. The results of the optimized and selected models were evaluated and these models with high correlation coefficients (over 0.96), were able to predict the changes' trend.

Keywords: Sunflower seeds, Oil extraction, Modeling, Neural network

* Corresponding Author E-Mail Address: moghimi_m52@yahoo.com