

مدل سازی استخراج روغن از دانه کتان به کمک پیش تیمار مایکروویو با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

معصومه مقیمی^{۱*}، حمید بخش آبادی^۲، مسعود بذرافشان^۲

۱- گروه شیمی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران
* نویسنده مسئول (moghimi_m52@yahoo.com)
۲- گروه صنایع غذایی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱

واژه های کلیدی

استخراج روغن
دانه کتان
شبکه های عصبی مصنوعی
مایکروویو
مدل سازی

چکیده

در تکنولوژی استخراج روغن، تیماردهی مناسب دانه قبل از استخراج یکی از مهم ترین و ضروری ترین مراحل برای تولید محصولی با کیفیت و راندمان بالاست. در این تحقیق به منظور مدل سازی فرایند استخراج روغن از دانه های کتان به کمک پیش تیمار مایکروویو از زمان های مختلف فرایند (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ ثانیه) و توان های مختلف (۵۴۰، ۹۰۰ و ۱۸۰ وات) استفاده گردید و میزان راندمان استخراج، اسیدیته، ضریب شکست، دانسیته، عدد اسیدی و رنگ روغن استخراج شده با پرس مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش بینی روند تغییرات از ابزار شبکه های عصبی مصنوعی در نرم افزار MATLAB R2013a استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش توان و زمان مایکروویو، راندمان استخراج روغن، اندیس اسیدی و اسیدیته، دانسیته و رنگ روغن افزایش یافت. آنالیز واریانس داده ها مشخص کرد که استفاده از پیش تیمار مایکروویو تأثیری در میزان ضریب شکست روغن ندارد. با بررسی شبکه های مختلف شبکه پساتشار پیش خور با توپولوژی های ۲-۸-۶ با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۹۹ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۰۰۱ و با به کارگیری تابع فعال سازی لگاریتم سیگموئیدی، الگوی یادگیری جهنده و چرخه یادگیری ۱۰۰۰ به عنوان بهترین مدل عصبی مشخص گردید. نتایج حاصل از مدل های بهینه انتخاب شده نیز ارزیابی گردید و این مدل ها با ضرایب همبستگی بالا (بیش از ۰/۸۴۴) قادر به پیش بینی روند تغییرات بودند. باتوجه به دقت بالای مدل عصبی می توان با اطمینان بالا به پیش بینی این مدل ها اعتماد کرده و از این مدل ها برای بهینه سازی و کنترل فرایند استفاده نمود که این امر می تواند به صرفه جویی در انرژی و زمان منجر شده و از طرف دیگر محصول نهایی مطلوب تری را ایجاد کند.

مقدمه

بهداشتی و آرایشی می رسند. باتوجه به اینکه تقریباً ۹۴ درصد مصرف روغن گیاهی از طریق واردات تأمین می شود، لذا هرگونه تحقیق در این زمینه مفید به نظر می رسد (ایران نژاد و حسینی مزینانی، ۱۳۸۴). یکی از گیاهان روغنی و دارویی که در سطح جهان از اهمیت خاصی برخوردار است، کتان روغنی می باشد (Dulog,

دانه های روغنی به عنوان یکی از منابع عظیم انرژی و پروتئین شناخته می شوند. یکی از نیازهای اساسی روند رشد جمعیت در زمینه محصولات کشاورزی، تأمین روغن های گیاهی از دانه های روغنی است که تولیدات آنها به مصارف مختلف صنعتی، خوراکی، لوازم

مزیت مهم حرارت‌دهی با میکروویو سرعت و کارایی بالای این روش بوده که این امر خود از قدرت نفوذ انرژی میکروویو نشئت می‌گیرد (Sultana et al., 2007). Taghvaei و همکاران (۲۰۱۴) مطالعه‌ای با هدف افزایش راندمان استخراج روغن از دانه‌های کتان به کمک میکروویو و به‌دست‌آوردن روغنی با کیفیت بهتر صورت دادند، نتایج آنها نشان داد که برای رسیدن به این اهداف بایستی نمونه‌ها برای ۳/۵ دقیقه در معرض این امواج قرار گیرند درحالی‌که رطوبت دانه‌ها ۱۴ درصد بود. Sanchez و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر میکروویو را بر سنتیک استخراج روغن و توکوفرول‌ها از دانه‌های کانولا مورد بررسی قرار دادند. آنها در این مطالعه از هگزان و دماهای متفاوت (۲۹۸-۳۳۳ کلوین) و زمان‌های مختلف (۳۰۰-۶۴۸۰ ثانیه) برای استخراج روغن استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در هر زمان و دمایی استفاده از این امواج منجر به افزایش راندمان استخراج می‌شود و مدل انتشار فیک اصلاح‌شده برای فرایند استخراج روغن از دانه‌های کانولا بهترین مدل معرفی شد.

استفاده از منطق فازی، شبکه‌های عصبی و همچنین روش انفیس^۲ می‌تواند به بهینه‌سازی و پیش‌بینی روند استخراج روغن از دانه‌های روغنی کمک کند. در گذشته برخی از محققین اقدام به ارائه مدل‌های مختلف جهت پیش‌بینی پارامترهای کیفی انواع روغن نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به Karaman و همکاران (۲۰۱۲) در کاربرد و مقایسه روش انفیس و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی زمان ماندگاری روغن آفتاب‌گردان حاوی آنتی‌اکسیدان، Przybylski و Zambiasi (۲۰۰۰) در زمینه امکان استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی ثبات اکسایشی روغن گیاهی براساس ویژگی‌های شیمیایی روغن گیاهی و تغییرات آن در طی نگهداری اشاره کرد. با توجه به اینکه هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه مدل‌سازی استخراج روغن از دانه‌های کتان به کمک پیش‌تیمار میکروویو صورت نگرفته است به همین دلیل پژوهش حاضر به منظور دستیابی به مدلی ساده، سریع، دقیق و کارآمد با استفاده از شبکه‌های عصبی

(1990). بزرک یا کتان با نام علمی *Linum usitatissimum* L. گیاهی است یک‌ساله از تیره کتان که به‌صورت بوته‌ای رشد می‌کند و قادر است که در شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک ایران رشد نموده و تنها گونه این خانواده است که از لحاظ تجاری اهمیت دارد (خواججه‌پور، ۱۳۷۰ و ماهرانی، ۱۳۸۱).

در طول دهه گذشته، تقاضای مردم برای مصرف دانه کتان که علاوه بر بهبود تغذیه‌ای بر سلامتی هم تأثیر مفید دارد، افزایش یافته است (Oomah, 2001). از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده دانه کتان می‌توان به کشورهای کانادا، چین، روسیه، ایالات متحده و اتیوپی اشاره نمود (FAO, 2013). دانه کتان منبع خوب اسیدهای چرب ضروری امگا-۳ از نوع آلفا لیولنیک اسید^۱ (ALA) می‌باشد و همچنین منبع خوب لیگنان (اجزای فیتواستروژنیک)، فیبر رژیمی پروتئینی، مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد. به‌علاوه کنجاله دانه کتان (باقی‌مانده روغن‌گیری‌شده آن) خود یک منبع پروتئینی مناسب برای تغذیه حیوانات اهلی می‌باشد که در کشورهای توسعه‌یافته از آن استفاده می‌شود (Oomah, 2001; Oomah & Mazza, 1995). دانه‌های کتان به‌طور میانگین حاوی ۴۱ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین و ۳/۴ درصد خاکستر می‌باشد. مصرف روغن این دانه منجر به کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی شده و خطر ابتلا به سرطان، به‌خصوص سرطان پستان و پروستات را کاهش می‌دهد (Goyal et al., 2014). در تکنولوژی استخراج روغن، تیمار مناسب دانه قبل از استخراج یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل برای تولید محصولی با کیفیت و راندمان بالاست. امروزه کاربرد میکروویو در خانه و صنعت به‌منظور تهیه مواد خوراکی در مقایسه با روش‌های سنتی معمول همچون جوشاندن، سرخ‌کردن و برشته‌کردن در حال‌افزایش است که این مسئله با سرعت و مزایای اقتصادی این روش در ارتباط است. در یک آون میکروویوی، حرارت نتیجه‌ای از واکنش متقابل یک میدان مغناطیسی با ترکیبات شیمیایی موجود در ماده غذایی می‌باشد که این مسئله به‌دلیل اصطحکاک مولکولی ایجاد حرارت داخلی می‌نماید.

² ANFIS¹ Alpha-linolenic acid

Q : مقدار روغن به دست آمده به گرم، X : مقدار دانه اولیه به گرم (AOAC, 2008).

اندیس اسیدی و اسیدیته

برای اندازه‌گیری اندیس اسیدی و اسیدیته از روش AOCS Cd 3-63 (۱۹۹۳) استفاده شد. ابتدا ۵ گرم روغن با ۲۰-۳۰ میلی‌لیتر اتانول یا الکل خنثی دیگری مخلوط و با افزودن چند قطره فنل فتالین با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیترا گردید. میزان عدد اسیدیته و عدد اسیدی به ترتیب از رابطه‌های (۲) و (۳) به دست آمد.

رابطه (۲)

$$A = \frac{282 \times N \times 100 \times V}{1000 \times W} \times 100$$

رابطه (۳)

$$B = \frac{56.1 \times N \times V}{W} \times 100$$

در رابطه‌های (۲) و (۳) N : نرمالیت سود مصرفی، V : حجم سود مصرفی به میلی‌لیتر، W : وزن نمونه به گرم، A : اسیدهای چرب آزاد برحسب اسیداولئیک در ۱۰۰ گرم نمونه و B : اندیس اسیدی روغن برحسب میلی‌گرم پتاس در هر گرم روغن می‌باشد.

ضریب شکست

ضریب شکست روغن با دستگاه رفاکتومتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مطابق روش AOCS Cc 7-25 (۱۹۹۳) تعیین گردید.

دانسیته

برای اندازه‌گیری دانسیته روغن‌ها (که برحسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد) از پیکنومتر و روش AOCS Cc 10a-25 (۱۹۹۳) استفاده شد.

مقدار رنگ

برای سنجش رنگ که اغلب مخلوطی از رنگ‌های قرمز و زرد است از روش اسپکتروفتومتری (AOCS Cc 13-92) استفاده شد.

مدل‌سازی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

جهت تعیین شبکه عصبی بهینه از ابزار شبکه عصبی نرم‌افزار مطلب استفاده شد. جهت طراحی این شبکه

مصنوعی در زمینه استخراج روغن از دانه‌های کتان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مواد

دانه کتان مورد استفاده در این تحقیق از بازار محلی شهرستان گنبد کاووس و مواد شیمیایی، هیدروکسیدسدیم، فنل فتالین و الکل اتیلیک از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom، انگلیس)، الک آزمایشگاهی، دستگاه آسیاب (Huddinge 14105، سوئد)، دستگاه رفاکتومتر (PAL ALFA، ژاپن)، دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان)، پیکنومتر، ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان)، دستگاه میکروویو (LG، کره جنوبی) و پرس مارپیچی آزمایشگاهی (Kern Kraft، آلمان).

روش‌ها

آماده‌سازی نمونه و شرایط اعمال پیش‌تیمارهای مختلف قبل از فرایند روغن‌کشی

در این تحقیق، دانه‌های کتان (حاوی ۳۹ درصد روغن) پس از تهیه، بوجاری شده و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان آزمایش‌ها نگهداری شدند. سپس، آنها تحت تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف میکروویو با زمان‌های مختلف فرایند (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ ثانیه) و توان‌های مختلف (۱۸۰، ۵۴۰ و ۹۰۰ وات) قرار گرفتند (Kittiphoom & Sutasinee, 2015). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی و با سرعت ۳۳ دور در دقیقه استخراج گردید و روی این روغن‌ها، آزمایش‌های مختلف، صورت گرفت (Bakhshabadi et al., 2017).

آزمایش‌هایی که روی روغن‌های استحصال شده صورت گرفت:

راندمان استخراج روغن

راندمان استخراج روغن از رابطه (۱) به دست آمد.

رابطه (۱)

$$R = \frac{Q}{X} \times 100$$

در رابطه (۱) R : راندمان استخراج روغن به درصد،

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش‌های فاکتوریل ۳×۳ با ۳ سطح توان میکروویو و ۳ سطح زمان میکروویو و در ۳ تکرار انجام گردید. از نرم‌افزار SAS برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول‌های (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 جدول‌ها، شبکه عصبی پیش‌خور با تابع انتقال لگاریتم سیگموئیدی، تابع یادگیری جهنده و با توپولوژی ۶-۸-۲ (لایه ورودی با ۲ نورون - یک لایه پنهان با ۸ نورون - لایه خروجی با ۶ نورون) با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹۹ و میانگین مربعات خطا برابر با ۰/۰۰۱ به عنوان شبکه عصبی بهینه انتخاب می‌شود که شماتیکی از شبکه بهینه انتخاب شده در شکل (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک سیگموئیدی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن دانه کتان

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نورون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۹۵۱	۰/۰۰۹	۰/۹۶۲	۰/۰۱۵	۲
۰/۸۳۴	۰/۰۲۲	۰/۹۸۹	۰/۰۰۳	۳
۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	۰/۹۹۷	۰/۰۰۲	۴
۰/۹۹۷	۰/۰۰۲	۰/۹۹۵	۰/۰۰۷	۵
۰/۹۹۹	۰/۰۰۱	۰/۹۹۶	۰/۰۰۳	۶
۰/۸۴۱	۰/۰۰۳	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	۷
۰/۹۶۵	۸/۸۱	۰/۹۹۸	۰/۰۰۶	۸
۰/۹۶۴	۸/۸۰	۰/۹۹۸	۰/۰۰۳	۹
۰/۹۷۶	۱/۰۵۶	۰/۹۳۷	۴/۰۹۰	۱۰

دو ورودی زمان میکروویو و توان میکروویو در یک ماتریس دو سطری و میزان راندمان روغن، ضریب شکست، دانسیته، اسیدیته، عدد اسیدی و میزان رنگ در یک ماتریس ۶ سطری به عنوان هدف تعریف گردید. شبکه‌های عصبی مختلف شامل توابع فعال‌سازی و یادگیری متفاوت و همچنین تعداد نورون مختلف در لایه پنهان طراحی و میزان کارایی آنها با استفاده از دو معیار ارزیابی ضریب همبستگی (R²) و میانگین مربعات خطا (MSE) که به ترتیب با رابطه‌های (۴) و (۵) تعیین می‌شوند، مشخص گردید. ابتدا با آزمون 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 لایه پنهان که تعداد متفاوتی از نورون‌ها از ۱ تا ۱۰ مورد را می‌توانست داشته باشد، طراحی گردید. جهت اتصال لایه ورودی به لایه پنهان توابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، لگاریتمی و خطی در مراحل مختلف آزمون و خطای شبکه‌ها استفاده گردید. همچنین جهت اتصال لایه پنهان به لایه خروجی تابع فعال‌سازی خطی به صورت ثابت استفاده شد. علاوه بر موارد ذکر شده دو الگوی یادگیری متفاوت شامل الگوی لونیبرگ-مارکوات^۱ و جهنده^۲ در شبکه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت و تأثیر آنها بر دقت شبکه‌ها ارزیابی گردید.

رابطه (۴)

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

رابطه (۵)

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

در رابطه‌های (۴) و (۵) Y_{pi} نسبت ویژگی‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه، Y_{ei} نسبت ویژگی‌های حاصل از انجام آزمایش‌ها و \bar{Y} میانگین نسبت‌های ویژگی‌های آزمایشگاهی و N تعداد کل مشاهده‌هاست. (Dolatabadi et al., 2016).

¹ Levenberg-Marquardt learning algorithm

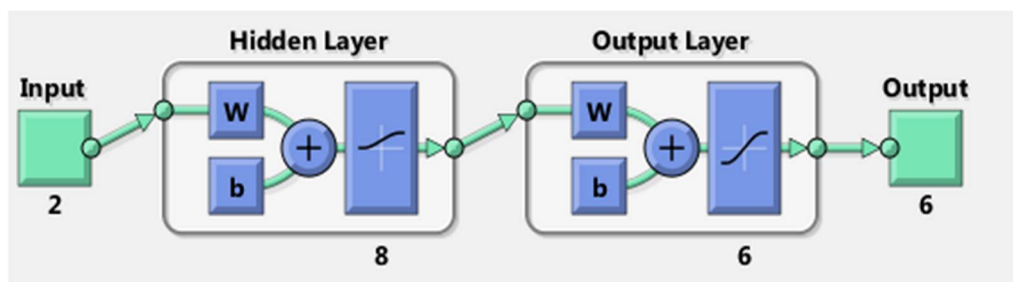
² Resilient backpropagation (trainrp)

جدول ۲- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئیدی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن دانه کتان

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نرون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۶۷۷	۰/۰۹۷	۰/۹۹۳	۰/۰۹	۲
۰/۹۱۰	۰/۱۵۰	۰/۹۹۳	۰/۰۸	۳
۰/۹۷۸	۰/۶۱۰	۰/۹۹۸	۰/۰۴	۴
۰/۹۹۴	۶/۴۴	۰/۹۹۲	۰/۳	۵
۰/۹۹۸	۰/۰۳	۰/۹۵۸	۹/۱۷۱	۶
۰/۹۳۰	۴/۵۲	۰/۹۸۴	۰/۳۲	۷
۰/۸۹۹	۰/۰۵۱	۰/۹۹۹	۰/۰۰۱	۸
۰/۹۸۹	۰/۰۳۵	۰/۹۶۴	۰/۳۱۰	۹
۰/۹۷۸	۴/۶۷	۰/۹۸۳	۲/۰۰۸	۱۰

جدول ۳- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی خطی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن دانه کتان

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نرون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۹۳۷	۰/۰۰۷	۰/۹۵۷	۰/۰۰۷	۲
۰/۹۶۰	۰/۰۰۷	۰/۹۴۶	۰/۰۰۸	۳
۰/۹۵۱	۰/۰۰۶	۰/۹۴۹	۰/۰۰۳	۴
۰/۹۱۳	۰/۰۹۱	۰/۹۱۳	۰/۰۹۱	۵
۰/۹۵۶	۰/۰۱۷	۰/۹۳۸	۰/۰۴۷	۶
۰/۹۵۷	۰/۰۱۰	۰/۹۴۹	۰/۰۲۵	۷
۰/۸۴۴	۰/۱۳	۰/۹۵۸	۰/۰۰۸	۸
۰/۹۵۹	۰/۰۰۹	۰/۹۸۱	۰/۰۰۶	۹
۰/۹۴۳	۰/۰۲۱	۰/۹۶۰	۰/۰۰۷	۱۰



شکل ۱- شماتیکی از شبکه بهینه انتخاب‌شده حاوی دو نرون در لایه ورودی ۸ نرون در لایه پنهان با تابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئیدی و ۶ نرون در لایه پنهان با تابع تانژانت هیپربولیک سیگموئیدی

مدل‌های ریاضی با قدرت بهتری قادر به پیش‌بینی پارامتر مورد نظر بود. شبکه بهینه انتخاب‌شده با توپولوژی ۲-۶-۳-۱ 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 ۰/۱۹۲ بود. Lu و همکاران (۲۰۰۷) 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. در مطالعه‌ای دیگر Przybylski و Zambiasi (۲۰۰۰) ویژگی‌های مختلف روغن کانولا را با استفاده از شبکه عصبی شبیه‌سازی نمودند و نتایج این بررسی نشان داد که مدل ارائه‌شده می‌تواند جانشین بسیار قدرتمندی برای سایر مدل‌های آماری باشد. Klaypradit و همکاران (۲۰۱۱) از شبکه عصبی برای

همچنین میزان بالای ضرایب همبستگی نمودارهای شکل (۲) که مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط این شبکه بهینه در مقابل داده‌های آزمایشگاهی را برای ۶ متغیر خروجی مورد نظر نشان می‌دهد را می‌توان دلیلی دیگر بر دقت بالای این مدل دانست. Khazaei و Daneshmandi (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 بررسی‌شده شامل مدل پیچ^۱، هندرسون و پابیس^۲، لگاریتمیک^۳ و ویبول^۴ بود که با مدل شبکه عصبی مقایسه گردیدند. شبکه عصبی مصنوعی نسبت به

¹ Page

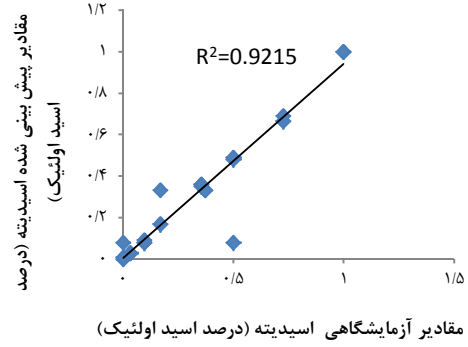
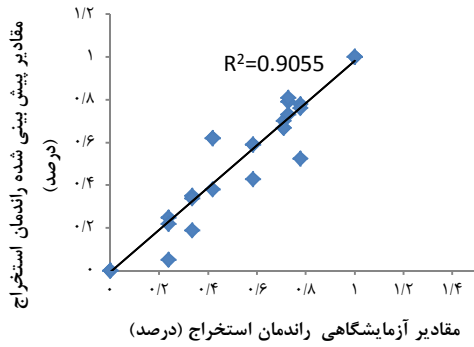
² Henderson and Pabis

³ Logarithmic

⁴ Weibull

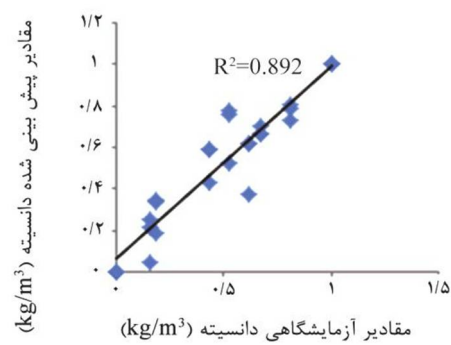
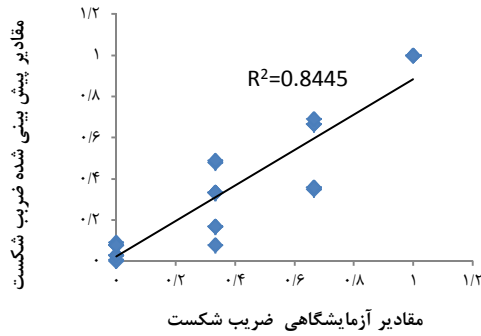
استفاده کردند.

پیش‌بینی پایداری اکسیداسیونی روغن ماهی با استفاده از روش اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز فوریه



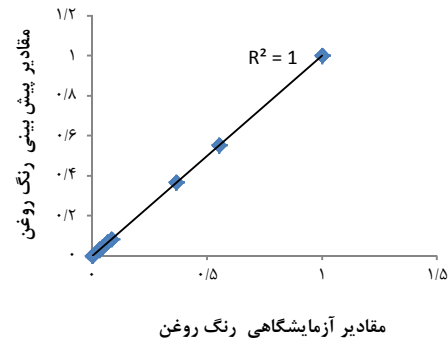
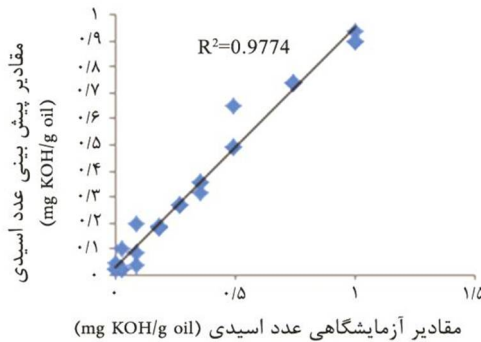
(الف)

(ب)



(ج)

(د)



(ه)

(و)

شکل ۲ - نمودار تغییرات مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی برای توپولوژی پهنه (۶-۸-۲) در مقابل مقادیر آزمایشگاهی برای راندمان استخراج روغن (الف)، اسیدیتته (ب)، ضریب شکست (ج)، دانسیته (د)، عدد اسیدی (ه) و میزان رنگ روغن (و)

(برای اندازه‌گیری محصولات حاصل از اکسیداسیون ثانویه) در لایه خروجی در نظر گرفته شد و در پایان مدل حاصل از شبکه عصبی با دقت مناسبی توانست تغییرات اکسیداسیون روغن ماهی را پیش‌بینی کند.

متغیرهای مورد استفاده آنها عبارت بودند از: طول موج و میزان جذب اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز در لایه ورودی و عدد پراکسید (برای اندازه‌گیری محصولات حاصل از تغییرات اکسیداسیون اولیه) و عدد آنیسیدین

از آنها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی توسط محققینی مانند Antonio و Dorado (۲۰۰۶) و Machavaram و همکاران (۲۰۰۸) با موفقیت انجام شده است. بررسی تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش و مقایسه میانگین‌های آنها که با روش آزمون دانکن صورت گرفته بود، نشان داد که با افزایش توان و زمان مایکروویو، راندمان استخراج روغن، اندیس اسیدی و اسیدیته، دانسیته و رنگ روغن افزایش یافت. در حالی که در میزان ضریب شکست روغن‌ها تغییری مشاهده نگردید که نتایج این بخش با یافته‌های Bakhshabadi و همکاران (۲۰۱۷) کاملاً مطابقت داشت. این محققین در تحقیقی که به منظور بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن از دانه‌های سیاه‌دانه به کمک پیش‌تیمار مایکروویو انجام داده بودند، بیان داشتند که با افزایش توان مایکروویو و زمان فرایند، کارایی فرایند استخراج، اندیس اسیدیته و پراکسید روغن افزایش، ولی میزان پایداری اکسیداتیو در روغن کاهش یافت. نتایج آنها همچنین نشان داد که پارامترهای مورد مطالعه تأثیری بر میزان ضریب شکست نداشتند و با افزایش سرعت دورانی ماریچ پرس از میزان کارایی فرایند استخراج کاسته شد.

Terigar و همکاران (۲۰۱۱)، مطالعه‌ای بر استخراج روغن از دانه‌های سویا و برنج تحت تأثیر مایکروویو انجام دادند و بیان داشتند که راندمان استخراج روغن بر اثر استفاده از این پیش‌تیمارها، افزایش می‌یابد و با افزایش قدرت این امواج و همچنین مدت زمان در معرض قرار گرفتن نمونه‌ها تحت تأثیر آن راندمان استخراج روغن افزایش می‌یابد. ماتریس وزن برای لایه ورودی به لایه پنهان (ماتریس A) و برای لایه پنهان به لایه خروجی (ماتریس B) خواهد بود.

در ضمن ماتریس‌های بایاس برای لایه پنهان (ماتریس C) و لایه خروجی (ماتریس D) به ترتیب دو ماتریس 1×10 و 1×5 خواهد بود.

آنها اعلام کردند که عدد آنیسیدین به علت اهمیت بیشتر محصولات ثانویه اکسیداسیون از دقت بیشتری برای مدل‌سازی برخوردار بود. رفیعی‌نظری و همکاران (۱۳۹۴) از روش شبکه عصبی پیش‌خور برای پیش‌بینی پایداری اکسیداسیونی روغن‌زیتون در طی نگهداری استفاده کردند. در ساختار شبکه عصبی آنها، پارامترهای اسیدیته، عدد پراکسید، ترکیبات فنلی، ضریب خاموشی K232 و ساختار اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع به‌عنوان ورودی و ضریب خاموشی K270 به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد. در این مطالعه بهترین مدل شبکه عصبی پیش‌خور با استفاده از تابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئید^۱، الگوریتم آموزش لوبنبرگ-مارکوات^۲، ۱۰ نرون در لایه پنهان ارائه گردید که دارای کمترین میانگین مربعات خطا و بهترین ضریب رگرسیون بود. تجزیه و تحلیل مدل نشان داد که شبکه عصبی پیش‌خور یک ابزار قدرتمند برای پیش‌بینی پایداری اکسیداسیونی روغن‌زیتون در طول نگهداری است. Izadifar و Abdolahi (۲۰۰۶) مقایسه‌ای روی دو روش مدل‌سازی شبکه عصبی و ریاضی بر استخراج اسانس‌های روغنی از فلفل‌سیاه انجام دادند. این محققین ۵ متغیر (دما و فشار دی‌اکسیدکربن بحرانی، زمان فرایند، اندازه ذرات و درنهایت سرعت جریان ورودی) را به‌عنوان ورودی در نظر گرفتند. با بررسی توابع مختلف مشخص گردید، که تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی و الگوی یادگیری لوبنبرگ-مارکوات به‌عنوان بهترین مدل عصبی این فرایند می‌باشد و آنها بیان داشتند که مدل‌سازی با شبکه عصبی نسبت به مدل‌سازی ریاضی با داده‌های تجربی نزدیکی بیشتری دارد.

Vasseghian و همکاران (۲۰۱۶)، از شبکه عصبی و انفیس برای مدل‌سازی استخراج روغن از پسته با کمک آنزیم استفاده نمودند. مقایسه داده‌های آزمایشگاهی با پیش‌بینی‌شده نشان داد که برای استخراج روغن از دانه‌های پسته، مدل شبکه عصبی مدل بهتری نسبت به روش انفیس بود.

همچنین بهینه‌سازی پارامترهای فرایندی روغن‌های گیاهی خوراکی و همچنین ضایعات حاصل

¹ Sigmoid Logarithm Activation Function

² Levenberg-Marquardt learning algorithm

$$A = \begin{pmatrix} 6/8889 & 6/7182 \\ 5/8776 & 6/2831 \\ 2/0248 & 7/4987 \\ 3/718 & 0/14703 \\ 7/6153 & -4/6865 \\ -8/0797 & -6/592 \\ 4/6657 & -8/568 \\ 8/9921 & -4/4781 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 8/4412 & 1/8978 & -0/751 & 7/0019 & -0/3375 & -9/64 & 0/0447 & -0/567 \\ 5/7844 & 3/1611 & 1/4121 & 2/5645 & 0/0362 & -15/5277 & 1/9662 & -0/8921 \\ 4/6642 & -0/3968 & 6/0168 & 1/3324 & 0/3972 & -24/4935 & 4/0332 & 3/1239 \\ 6/3648 & 2/6018 & 0/83534 & -1/2475 & -0/7175 & -8/9173 & 1/0843 & 9/4192 \\ 6/4948 & 3/4738 & 0/45936 & 1/2298 & 0/2195 & -11/47 & 1/0271 & -0/2877 \\ 5/1102 & 4/8812 & 1/5172 & 2/1818 & 0/23645 & -7/6691 & 0/92363 & -0/9868 \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} -10/3086 \\ 7/413 \\ -6/9552 \\ 9/711 \\ -4/3392 \\ -9/9653 \\ 6/9963 \\ 6/4481 \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} -6/2161 \\ -3/9402 \\ -2/3949 \\ -8/8866 \\ -2/4752 \\ -3/6573 \end{pmatrix}$$

نتیجه‌گیری

باتوجه به پیچیدگی و تعدد عوامل مؤثر در فرایند استخراج روغن با کمک پیش‌تیمار مایکروویو و نتایج این پژوهش می‌توان مدل عصبی ارائه‌شده را به‌عنوان مدلی قابل قبول برای مدل‌سازی این فرایند معرفی نمود. با مشخص‌بودن تابع فعال‌سازی در شبکه‌های عصبی که در این تحقیق تابع لگاریتم سیگموئیدی می‌باشد و همچنین در اختیار داشتن مقادیر وزن و بایاس، می‌توان روابط ایجادشده توسط مدل عصبی را استخراج نمود. با تعریف این رابطه ریاضی ساده ایجادشده، در یک نرم‌افزار کامپیوتری مانند اکسل، می‌توان برنامه‌ای کاربردی، ساده و دقیق برای

پیش‌بینی پارامترهای مورد نظر در فرایند استخراج روغن داشت. باتوجه 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 شود و از طرف دیگر محصول نهایی مطلوب‌تری را ایجاد نماید. با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان بیان داشت که استفاده از مایکروویو به‌منظور پیش‌تیمار دانه‌های کتان قبل از استخراج روغن با پرس در بهبود ویژگی‌های کمی و حتی کیفی روغن حاصله مؤثر واقع می‌گردد.

منابع

- ۱- ایران‌نژاد، ح. و حسینی مزینانی، س.م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه سه رقم دانه کتان روغنی در ورامین. مجله علوم کشاورزی، ۱۱ (۴): ۱۱۱-۱۲۰.
- ۲- خواجه‌پور، م. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۲۵۱.
- ۳- رفیعی‌نظری، ر.، عرب عامری، م. و نوری، ل. ۱۳۹۴. مدل‌سازی و پیش‌بینی پایداری اکسیداسیون روغن‌زیتون طی نگهداری در شرایط محیطی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۰(۱): ۷۱-۸۰.
- ۴- ماهرانی، ب. ۱۳۸۱. مطالعه شرایط استخراج و خواص فیزیکوشیمیایی صمغ دانه بزرک. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، صفحه ۱۱۲.
- 5- Antonio, J.Y., & Dorado, M.P. 2006. A neural network approach to simulate biodiesel production from waste olive oil. *Energy Fuels*, 20(1):399-402.
- 6- AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- 7- AOCS. 1993. Official methods and recommended practices of the american oil chemists society. AOCS Press, Champaign, IL. 762p.
- 8- Bakhshabadi, H., Mirzaei, H.O., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaifar, A.M., & Farzaneh. V. 2017. The effect of microwave pretreatment on some physico-chemical properties and bioactivity of Black cumin seeds' oil. *Industrial Crops and Products*, 97:1-9.
- 9- Dolatabadi, Z., Elhami Rad, A.H., Farzaneh, V., Akhlaghi Feizabad, S.H., Estiri, S.H., & Bakhshabadi, H. 2016. Modeling of the lycopene extraction from tomato pulps. *Food Chemistry*, 190:968-973.
- 10-Dulog, L. 1990. Leinoel und daraus abzuleitende Stoffe fuer die Beschichtung von Fussbodenbelag. Bundes Exp. Wissenschaftliches Zentrum. Bonn.
- 11-Food and Agriculture Organization (FAO) STAT. 2013. Food and agriculture organization of the united nation. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (Accessed on 25 Feb, 2015).
- 12-Goyal, N., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. 2014. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9):1633-1653.
- 13-Izadifar, M., & Abdolahi, F. 2006. Comparison between neural network and mathematical modeling of supercritical CO₂ extraction of black pepper essential oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 38(1):37-43.

- 14-Karaman, S., Ozturk, I., Yalcin, H., Kayacier, A., & Sagdi, O. 2012. Comparison of adaptive neuro fuzzy inference system and artificial neural networks for estimation of oxidation parameters of sunflower oil added with some natural byproduct extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1):49-58.
- 15-Khazaei, J., & Daneshmandi, S. 2007. Modeling of thin-layer drying kinetics of sesame seeds: mathematical and neural networks modeling. *International Agrophysics*, 21(4):335-348.
- 16-Kittiphoom, S., & Sutasinee, S. 2015. Effect of microwaves pretreatments on extraction yield and quality of mango seed kernel oil. *International Food Research Journal*, 22(3):960-964.
- 17-Klaypradit, W., Kerdpi boon, S., & Singh, R.K. 2011. Application of artificial neural networks to predict the oxidation of menhaden fish oil obtained from Fourier transform infrared spectroscopy method. *Food bioprocess Technology*, 4(3):475-80.
- 18-Lu, B., Zhang, Y., Wu, X., & 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(1):50-63.
- 19-Machavaram, R., Jena, P.C., & Raheman, H. 2008. Prediction of optimized pretreatment process parameters for biodiesel production using ANN and GA. *Fuel journal*, 88(5):868-875.
- 20-Oomah, B.D. 2001. Flaxseed as functional source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9):889-894.
- 21-Oomah, B.D., & Mazza, G. 1995. Fractionation of flaxseed with a batch dehuller. *Industrial Crops and Products in International Journal*, 9(1):19-27.
- 22-Przybylski, R., & 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(9):925-932.
- 23-Sanchez, R.J., Mateo, C.M., Fernández, M.B., & Nolasco, S.M. 2017. Bidimensional modeling applied to oil extraction kinetics of microwave-pretreated canola seeds. *Journal of Food Engineering*, 192:28-35.
- 24-Sultana, B., Anwar, F., & Przybylski, R. 2007. Antioxidant potential of corncob extracts for stabilization of corn oil subjected to microwave heating. *Food Chemistry*, 104(3):997-1005.
- 25-Taghvaei, M., Jafari, S.M., Assadpoor, E., Nowrouzieh, S., & Alishah, O. 2014. Optimization of microwave-assisted extraction of cottonseed oil and evaluation of its oxidative stability and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 160:90-97.

-
- 26-Terigar, B.G., Balasubramanian, S., Sabliov, C.M., Lima, M., & Boldor, D. 2011. Soybean and rice bran oil extraction in a continuous microwave system: From laboratory- to pilot-scale. *Journal of Food Engineering*, 104(2):208-217.
- 27-Vasseghian, Y., Zahedi, G.H., & Ahmadi, M. 2016. Oil Extraction from pistacia khinjuk - experimental and prediction by computational intelligence models. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 6(1):1-12.

Modeling of oil Extraction From Flaxseed by Using Microwave Pretreatment With Artificial Neural Network

Masoumeh Moghimi^{1*}, Hamid Bakhshabadi², Masoud Bazrafshan²

1- Department of Chemistry, Gonbad Kavoods Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoods, Iran

* Corresponding author (moghimi_m52@yahoo.com)

2- Department of Food Science, Gonbad Kavoods Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoods, Iran

Abstract

In the oil extraction, the suitable treatment of the seeds before extraction is the most critical steps to produce high quality and efficiency products. In this research, in order to model the process of oil extraction from flax seeds, the researchers applied pre-treated with microwave within different processing times (90, 180 and 270 S) and powers (180, 540, and 900 W) and the efficiency of oil extraction, acidity, refractive index, density, acid number, and the oil color were studied. To predict the changes' trend the artificial neural network in MATLAB R2013a software was used. The results showed that by increasing microwave time and power efficiency of oil extraction, index acid and acidity, density and oil color increased. Analysis of variance results showed that the studied microwave pre-treated had no effect on the refractive index. By studying the various networks of back propagation feed forward network with topologies 2-8-6 with a correlation coefficient of more than 0.999 and the mean squared error of less than 0.001 and with using sigmoid hyperbolic of tangent activation function, the Resilient back propagation 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 0.844), were able to predict the changes' trend. According to the complexity and multiplicity of the effective factors in food industry processes and the results of this research, the neural network can be introduced as an acceptable model for modeling these processes.

Keywords: Artificial Neural Network, Flaxseed, Microwave, Modeling, Oil Extraction