

(مقاله پژوهشی)

مدل سازی و بررسی خصوصیات کیفی کیک حاوی فیبر تفاله سیب با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

مریم ثابت قدم^۱، محمد رضا سعیدی اصل^۱، اکرم شریفی^{۲*}، احمد پدرام نیا^۱، محمد آرمین^۳

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۳- دانشیار، گروه مهندسی کشاورزی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۳

چکیده

در این تحقیق به منظور مدل سازی و پیش بینی برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک کم کالری حاوی فیبر تفاله سیب از درصد های مختلف فیبر تفاله سیب (۰، ۵ و ۱۰ درصد)، میزان روغن (۱۴/۵۷، ۱۵/۴۷۵ و ۱۶/۳۸ درصد) و زمان نگهداری (۰، ۱۵ و ۳۰ روز) استفاده گردید و میزان چربی، فعالیت آبی، افت وزنی، تعداد کپک و مخمر، صمغیت، قابلیت جویدن، ارتجاعیت و روشنایی کیک نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش بینی روند تغییرات از ابزار شبکه های عصبی مصنوعی در نرم افزار (MATLAB R2013a) استفاده شد. با بررسی شبکه های مختلف شبکه ی پسانتشار پیشخور با توپولوژی های ۳-۵-۸ با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۱۲ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۱۱۵ و با به کارگیری تابع فعال سازی لگاریتم سیگموئیدی هیپربولیکی، الگوی یادگیری جهنده و چرخه یادگیری ۱۰۰۰ به عنوان بهترین مدل عصبی مشخص گردید. نتایج حاصل از مدل های بهینه ی انتخاب شده نیز ارزیابی گردید و این مدل ها با ضرایب همبستگی بالا (بیش از ۰/۶۸۹) قادر به پیش بینی روند تغییرات بودند. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش میزان روغن، محتوای چربی، فعالیت آبی و تعداد کپک و مخمر نمونه ها افزایش یافت ولی با افزایش فیبر تعداد کپک و مخمر و افت وزن نمونه ها کاهش یافت. در بین خصوصیات مورد اندازه گیری، شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته بیشترین دقت را برای پیش بینی میزان چربی نمونه ها داشت. در پایان می توان بیان داشت که مدل شبکه عصبی به دست آمده در این مطالعه توان پیش بینی خصوصیات کیفی کیک حاوی فیبر تفاله سیب را دارد.

واژه های کلیدی: کیک، فیبر تفاله سیب، شبکه عصبی مصنوعی، مدل سازی.

۱-مقدمه

غلات از اولین غذاهای شناخته شده بشر بوده که از زمان‌های بسیار کهن تاکنون همواره نقش بسیار مهمی در اقتصاد و تغذیه مردم دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه داشته است (۷). کیک به‌عنوان یکی از محصولات صنایع آردی، دارای تنوع بالایی بوده و در بین مردم و به‌خصوص کودکان و نوجوانان طرفداران زیادی دارد. این محصول نوعی شیرینی با بافت نرم می‌باشد که جزء دسته غذاهای پخته شده طبقه‌بندی می‌شود و مواد اصلی آن را آرد، روغن (به استثنای کیک اسفنجی) شکر و تخم مرغ تشکیل می‌دهد (۷). دریافت چربی زیاد به‌ویژه چربی اشباع باعث افزایش کلسترول خون و بیماری انسداد شراین رگ‌ها و قلبی و حتی سرطان‌های مختلف می‌شود (۱۴). جهت دست یابی به سلامتی بیشتر به افزایش دریافت میوه‌ها، سبزیجات، حبوبات و اصلاح کردن نوع و مقدار چربی مصرفی توصیه شده است. لذا با افزایش تقاضای مردم برای کاهش چربی در رژیم غذایی، تولیدکنندگان محصولات غذایی اقدام به تولید جانشین‌های جدیدی جهت جایگزینی قسمت اعظم چربی‌های موجود در غذاها نمودند (۲۲). جایگزین چربی بر پایه میوه (فیبر) یکی از انواع جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات می‌اشد و پودر میوه یکی از انواع این نوع جایگزین چربی است که قابل استفاده برای فرآورده‌های نانوائی، شیرینی‌ها و فرآورده‌های لبنی است. جایگزین‌های چربی بر پایه میوه، دارای ویژگی‌های طوبت‌دهندگی و فراهم‌کننده احساس دهانی هستند (۳۰). فیبر رژیمی نقش فراوانی در جلوگیری از برخی بیماری‌ها ایفا می‌نماید و رژیم غذایی با میزان فیبر بالا مانند آنچه در غلات، میوه‌ها و سبزی‌ها است تأثیر مثبتی در سلامتی انسان داشته و مصرف آن‌ها با کاهش بروز چندین نوع از سرطان در بدن انسان رابطه مستقیم دارد (۲۱). تفاله سیب، محصول جانبی حاصل از آب‌گیری سیب می‌باشد که غنی از باقیمانده فیبری موجود در دیواره سلولی است که توسط آنزیم‌های بدن انسان هضم نمی‌شوند و به‌عنوان فیبرهای رژیمی غذایی طبقه‌بندی می‌شوند. هم‌چنین تفاله سیب حاوی کربوهیدرات‌ها، مقدار کمی پروتئین، چربی و

خاکستر بوده و نیز یک منبع خوبی از فیتوکمیکال‌هایی مانند اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها می‌باشد و منبع بالقوه‌ای از آنتی‌اکسیدان‌هاست. از کاربردهای رایج تفاله سیب می‌توان به استخراج پکتین اشاره کرد. هم‌چنین در محصولات نانوائی سبوس‌دار (نان، کلوچه و کوکی‌ها) برای مطلوبیت بیشتر محصول استفاده می‌شود (۲۳). آدگنوا و همکاران در سال (۲۰۱۸) خواص فیزیکیوشیمیایی کیک حاوی ۳۰-۵ درصد از فیبر میوه درخت بادام هندی را مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش فیبر میوه درخت بادام هندی جایگزین درصدی از آرد گندم در فرمولاسیون شده و نمونه شاهد حاوی ۱۰ درصد آرد گندم بود. کاهش معنی‌دار رطوبت و افزایش قرمزی (*a) و زردی (*b) با افزودن درصد بیشتر از فیبر میوه درخت بادام‌هندی قابل مشاهده بود (۱۰). کورشی و همکاران در سال (۲۰۱۷) نیز لایه آلایدو گریپ فروت را به‌عنوان منبع فیبری به فرمولاسیون اضافه نمودند و کیک تولیدی را از نظر حسی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که کیک حاوی ۵/۶ گرم فیبر لایه آلایدو بهترین امتیازات ارزیابی را از نظر رنگ، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی داشت (۲۶). شبکه عصبی مصنوعی یکی از روش‌های مدل‌سازی غیرخطی هستند که در آن امکان مدل‌سازی یک تابع غیرخطی که بردار ورودی را به یک مقدار کمی نگاشت می‌کند، وجود دارد. به همین دلیل، شبکه عصبی به‌طور گسترده در سنجش‌های کیفی و کمی و تشخیص ترکیبات محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۸). مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی در مواد غذایی در زمینه‌های مختلفی نظیر بهینه‌سازی فرایند تولید کیک (۲۳)، بررسی تولید کوکی‌های بدون گلوتن (۲۴) و بهینه‌سازی فرمولاسیون نان‌بدون گلوتن حاوی پروتئین سفیده تخم‌مرغ (۷) مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این پژوهش ارائه مدلی قدرتمند و کاربردی جهت پیش‌بینی خصوصیات کیک کم‌کالری حاوی فیبر تفاله سیب با دقت بسیار بالا و در زمانی بسیار کوتاه می‌باشد که می‌تواند جهت کنترل و مدیریت مراحل مختلف تولید هم‌چنین فرآوری این محصول به کار گرفته شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه نمونه

تفاله‌ی سیب حاصل از ضایعات فرآیند تولید چیپس میوه از کارخانه‌ارمغان سلامتی ساسویه واقع در شهرستان سبزوار تهیه گردید. پس از هموژن کردن نمونه تا زمان شروع آزمایش در بسته پلی اتیلنی در فریزر در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری شد.

۲-۲- استخراج فیبر تفاله سیب با آب

برای استخراج فیبر از روش سانز و همکاران (۲۰۰۸) استفاده گردید. ابتدا تفاله سیب توسط آسیاب تهیه شد. سپس از روش خیساندن آبی استفاده شد. تفاله سیب به نسبت ۱:۵ با آب مقطر مخلوط گردید. سپس عمل استخراج در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۹۰ دقیقه و هم زدن مداوم توسط دستگاه همزن آزمایشگاهی انجام گرفت. پس از مدت زمان ذکر شده، باقیمانده فیبری در آون هوای داغ تحت دمای ۶۲ درجه سانتی گراد به مدت ۷۰ دقیقه خشک گردید. سپس فیبر به دست آمده با آسیاب پودر و از الک با مش ۰/۴ میلی متر عبور داده شد و فیبرهایی که از الک عبور نموده بودند، مورد استفاده قرار گرفت (۳۰).

۲-۳- روش تهیه کیک

تیمارهای خمیر کیک به روش فلیس برتو و همکاران (۲۰۱۵) تهیه گردید. در مطالعه حاضر ابتدا مواد اولیه کیک شامل آرد (۲۶ درصد)، شکر (۱۵/۸ درصد)، تخم مرغ (۱۵/۱۲ درصد) و بیکنگ پودر (۲/۴۵ درصد) تهیه و توزین شدند. در ادامه مخلوط کردن شکر و سه سطح روغن (۱۴/۵۷، ۱۵/۴۷۵ و ۱۶/۳۸ درصد) به مدت ۱۰ دقیقه با مخلوط کن انجام گرفت. سپس گلوکز و اینورت (در مجموع حدود ۵ درصد) به مخلوط اضافه و به مدت یک دقیقه با همزن (اسنوا، ایران) همزده شدند، سپس تخم مرغ و وانیل به آن افزوده شد. بعد از مخلوط نمودن آرد، بیکنگ پودر، زانتان، اسیدسیتریک، نمک و سه سطح فیبرسیب (۰، ۵ و ۱۰ درصد) با یکدیگر، مواد مایع به فرمول افزوده گردید و عمل مخلوط کردن ادامه یافت تا خمیر آماده شود. جهت پخت

کیک، دمای فرخانگی (سورنکو، ایران) از قبل در ۱۸۰ درجه سانتی گراد تنظیم و خمیر کیک به مقدار ۱۲۰ گرم در قالب ریخته شد. پس از پخت کیک و خارج کردن آن از قالب و سرد شدن تا دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، در کیسه‌های پلاستیکی چندلایه قرار گرفت، در زمان ماندگاری صفر، ۱۵ و ۳۰ روز آزمون‌های مربوطه انجام گرفت (۱۶).

۲-۴- اندازه گیری میزان چربی

مقدار روغن بر اساس روش AOAC (۲۰۰۸) و با استفاده از حلال هگزان به مدت ۶ ساعت توسط دستگاه سوکسله تعیین گردید (۱۱).

۲-۵- فعالیت آبی کیک (aw')

فعالیت آبی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه AW SPRINT TH 500 - (سوئیس، Mode_Novasina) در روز اول تولید کیک‌ها و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد (۱۳).

۲-۶- افت وزنی

وزن چانه‌های خمیر و وزن نمونه‌های کیک پس از پخت و سرد کردن به مدت ۳-۲ ساعت، اندازه گیری شده و از طریق رابطه ۱ درصد افت وزنی پخت کیک محاسبه شد (۳۳).

۱۰۰ × وزن چانه کیک / وزن کیک پس از پخت - وزن چانه کیک = افت پخت (%)

۲-۷- تعیین تعداد کپک و مخمر

برای اندازه گیری تعداد کپک و مخمر از محیط کشت سابرو دکستروز آگار و طبق روش ریسوت و همکاران (۲۰۲۱) انجام گرفت (۲۸).

۲-۸- آنالیز پروفیل بافت کیک

ارزیابی بافت کیک‌های تولیدی با روش آنالیز پروفایل بافت، در روز اول بعد از پخت صورت گرفت. بدین منظور ابتدا قطعات ۲×۲×۲ سانتی متر مکعب از مغز کیک نمونه‌ها تهیه گردید. سپس بافت آن‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد (مدل LFRA-4500) ساخت کشور آمریکا اندازه گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت. حداکثر نیروی لازم برای نفوذ

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 ی ورودی به لایه ی پنهان توابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، لگاریتمی و خطی در مراحل مختلف آزمون و خطای شبکه‌ها استفاده گردید. همچنین جهت اتصال لایه ی پنهان به لایه ی 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. در این معادلات V_{pi} نسبت ویژگی‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه، Y_{pi} نسبت ویژگی‌های حاصل از انجام آزمایشات و \bar{Y} میانگین نسبت‌های ویژگی‌های آزمایشگاهی و N تعداد کل مشاهدات است.

رابطه (۲)

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

رابطه (۳)

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

وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. از این رو داده‌های ورودی به شبکه بایستی نرمال شوند. در صورتی که این مرحله انجام نشود، شبکه در طول فاز آموزش همگرا نخواهد شد و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد. در این بررسی برای تعدیل کردن داده‌ها از رابطه (۴) استفاده شده است که ورودی‌ها و خروجی‌ها را بین ۰ و ۱ استاندارد می‌نماید.

رابطه (۴)

$$V_N = \frac{V_R - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}$$

در این معادله: V_R داده خام اولیه، V_N داده نرمالیزه شده، V_{min} و V_{max} به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های اولیه می‌باشند (۱۵). در پایان ویژگی‌های که دارای بالاترین ضریب همبستگی در مدل‌های پیش‌گویی کننده بودند با استفاده از

پروپ استوانه‌ای با قطر ۳۸/۱ میلی‌متر بود. در این مطالعه میزان فشردگی تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه تکه کیک تعیین گردید و سرعت نیروی قبل، حین و بعد از آزمون به ترتیب ۱، ۲ و ۲ میلی‌متر بر ثانیه بود. شاخص‌های صمغیت، قابلیت جویدن و ارتجاعیت در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند (۱۸).

۹-۲- روشنایی پوسته کیک

برای ارزیابی تغییرات رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصویر توسط عکس‌برداری با دوربین دیجیتال با وضوح ۱۲ مگاپیکسل و آنالیز با نرم افزار فتوشاپ استفاده شد. در تحقیقات غذایی، رنگ اغلب در محیط رنگی $L^*a^*b^*$ بیان می‌شود. L^* بیانگر روشنایی است که مقدار آن از ۰ تا ۱۰۰ است. با توجه به فاکتورهای L ، a ، b استانداردهای واقعی، منحنی استاندارد برای فاکتورهای L ، a ، b پوسته کیک رسم و معادله آن به دست آمد. سپس میانگین اعداد به دست آمده از نرم افزار برای فاکتور L^* پوسته، در معادله خط استاندارد قرار داده شد تا اعداد واقعی به دست آید (۳۴).

۹-۲- مدل سازی و تحلیل آماری

جهت تعیین شبکه عصبی بهینه از ابزار شبکه عصب نرم‌افزار متلب استفاده شد. جهت طراحی این شبکه سه ورودی زمان، میزان روغن و فیبر تفاله سیب در یک ماتریس سه سطری و میزان چربی، فعالیت آبی، افت وزن، تعداد کپک و مخمر، صمغیت، قابلیت جویدن، ارتجاعیت و روشنایی کیک در یک ماتریس ۸ سطری به عنوان هدف تعریف گردید. شبکه‌های عصبی مختلف شامل توابع فعال‌سازی و یادگیری متفاوت و همچنین تعداد نورون مختلف در لایه ی 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 رابطه‌های ۲ و ۳ تعیین شدند، مشخص گردید. ابتدا با آزمون شبکه‌های عصبی مختلف، شبکه عصبی پیشخور با بالاترین کارایی انتخاب گردید و تعداد چرخه‌های یادگیری

طرح باکس بنکن و با به کارگیری از نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۱۲ مورد بررسی قرار گرفتند.

لگاریتمی و خطی و چرخه یادگیری ۱۰۰۰، را نشان می دهد. با توجه به مقادیر میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی ارائه شده در این جداول، شبکه عصبی پیشخور با تابع انتقال لگاریتم سیگموئیدی، تابع یادگیری جهنده و با توپولوژی ۵-۳-۸ (لایه ورودی با ۳ نورون - یک لایه پنهان با ۵ نورون - لایه خروجی با ۸ نورون) با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۱۲ و میانگین مربعات خطا برابر با ۰/۰۱۱۵ به عنوان شبکه عصبی بهینه انتخاب می شود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مدل سازی ویژگی های کیک های تولیدی

جداول ۱ تا ۳ مقایسه اثر تعداد نورون های لایه پنهان و نوع الگوی یادگیری را بر دقت پیش بینی شبکه های عصبی پس انتشار پیشخور به ترتیب با توابع انتقال تانژانت سیگموئید هیپربولیکی،

جدول ۱- مقایسه اثر تعداد نورون های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی بر دقت

پیش بینی خصوصیات مختلف کیک تولیدی

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نورون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۵۸۴	۰/۰۶۵۲	۰/۴۸۵	۰/۱۳۱۵	۲
۰/۸۴۴	۰/۰۵۲۶	۰/۶۳۴	۰/۰۶۸۲	۳
۰/۸۸۷	۰/۰۱۷۰	۰/۸۲۵	۰/۰۴۲۷	۴
۰/۸۱۵	۰/۰۳۲۳	۰/۹۱۲	۰/۰۱۱۵	۵
۰/۷۵۷	۰/۰۹۸۹	۰/۹۰۴	۰/۰۳۰۹	۶
۰/۸۹۹	۰/۰۵۵۷	۰/۵۸۶	۰/۰۹۱۳	۷
۰/۸۷۵	۰/۰۱۷۹	۰/۸۵۶	۰/۰۸۹۷	۸
۰/۹۰۴	۰/۰۲۱۳	۰/۸۶۳	۰/۰۹۵۳	۹
۰/۹۰۹	۰/۰۹۳۶	۰/۸۶۱	۰/۰۵۲۹	۱۰

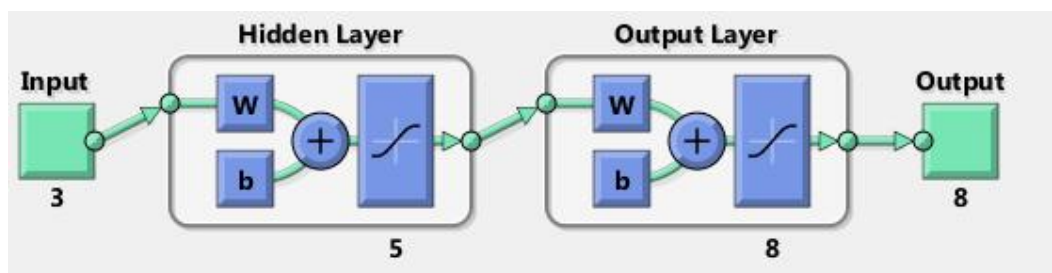
جدول ۲- مقایسه اثر تعداد نورون های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال سازی لگاریتم سیگموئیدی بر دقت پیش بینی

خصوصیات مختلف کیک تولیدی

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نورون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۶۱۵	۰/۰۶۸۹	۰/۸۶۵	۰/۰۳۷۶	۲
۰/۶۲۴	۰/۰۶۹۱	۰/۸۹۱	۰/۰۳۶۲	۳
۰/۶۵۰	۰/۰۸۹۲	۰/۸۱۹	۰/۰۳۱۸	۴
۰/۸۵۱	۰/۰۴۹۶	۰/۷۹۹	۰/۱۰۵	۵
۰/۹۰۳	۰/۰۳۰۱	۰/۸۷۰	۰/۰۴۱۵	۶
۰/۸۹۹	۰/۰۱۹۹	۰/۸۱۰	۰/۰۳۱۳	۷
۰/۹۰۲	۰/۰۲۲۹	۰/۸۵۹	۰/۰۲۵۷	۸
۰/۸۴۵	۰/۰۴۷۵	۰/۷۹۲	۰/۰۸۹۶	۹
۰/۸۷۷	۰/۰۴۹۹	۰/۷۹۸	۰/۰۶۶۸	۱۰

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

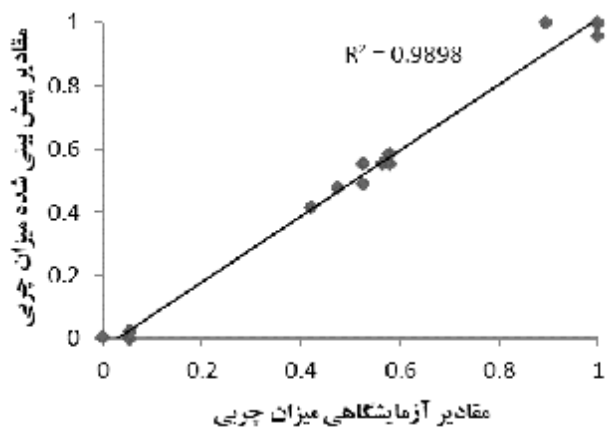
الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نورون
R^2	MSE	R^2	MSE	
۰/۶۵۶	۰/۰۵۴۶	۰/۶۶۶	۰/۰۷۹۶	۲
۰/۷۳۶	۰/۰۸۷۹	۰/۷۳۴	۰/۰۸۵۴	۳
۰/۷۳۹	۰/۰۸۱۷	۰/۷۷۵	۰/۰۶۱۹	۴
۰/۷۵۱	۰/۰۶۸۹	۰/۷۷۱	۰/۰۸۲۱	۵
۰/۷۵۳	۰/۰۵۸۹	۰/۷۳۲	۰/۰۹۱۸	۶
۰/۷۴۳	۰/۰۷۱۴	۰/۷۴۳	۰/۰۸۷۹	۷
۰/۷۶۳	۰/۰۶۸۸	۰/۷۷۹	۰/۰۶۹۹	۸
۰/۷۹۹	۰/۰۷۸۸	۰/۷۸۹	۰/۰۶۶۶	۹
۰/۶۹۸	۰/۰۸۱۵	۰/۷۶۱	۰/۰۷۸۳	۱۰



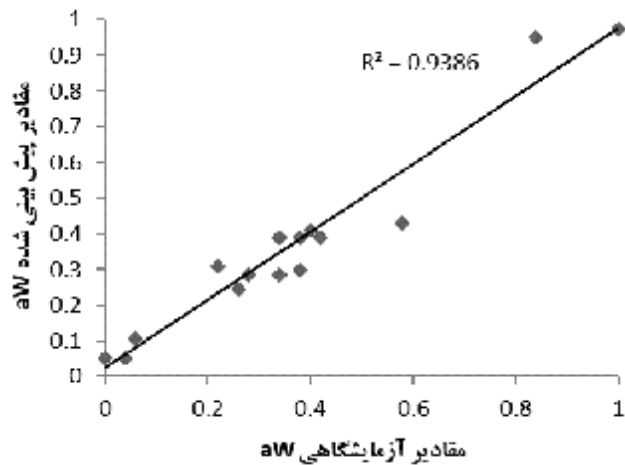
شکل ۱- شماتیکی از شبکه‌ی بهینه‌ی انتخاب شده حاوی سه نورون در لایه‌ی ورودی و ۵ نورون در لایه‌ی پنهان با تابع فعال‌سازی تانزانت سیگموئید هیربولیکی و ۸ نورون در لایه‌ی پنهان با تابع تانزانت سیگموئید هیربولیکی

بین متغیرهای مورد بررسی مدل پیشنهادی بیشترین و کمترین دقت را به ترتیب برای پیش‌بینی داده‌های حاصل از میزان چربی با $R^2 = ۰/۹۸۹$ و صمغیت با $R^2 = ۰/۶۸۹$ داشت.

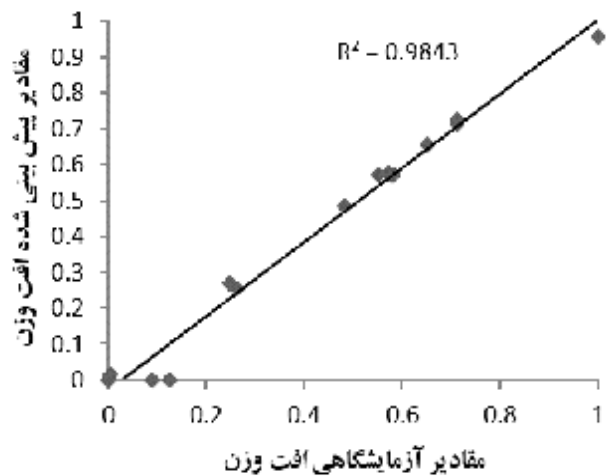
همچنین میزان بالای ضرایب همبستگی نمودارهای شکل ۲ که مقادیر پیش‌بینی شده توسط این شبکه بهینه در مقابل داده‌های آزمایشگاهی را برای ۸ متغیر خروجی مورد نظر نشان می‌دهد را می‌توان دلیلی دیگر بر دقت بالای این مدل دانست و در



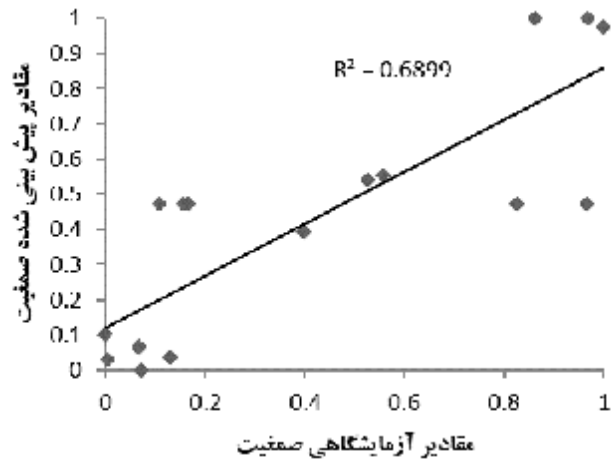
الف



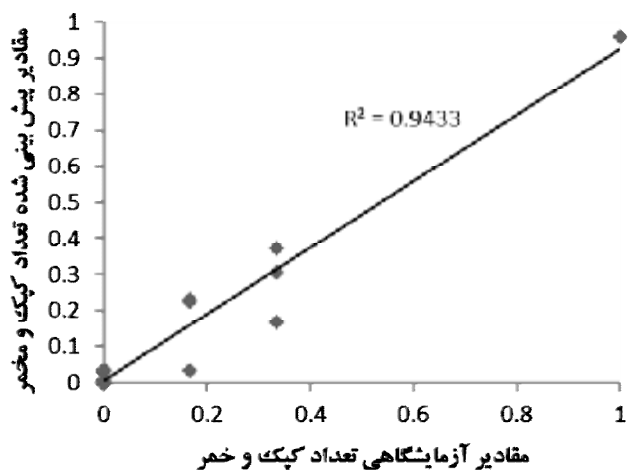
ب



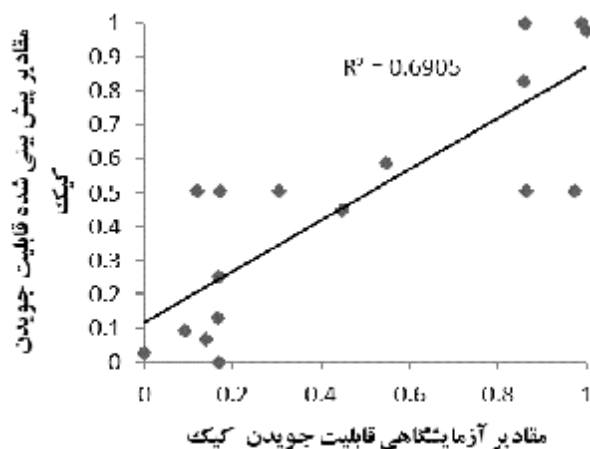
ج



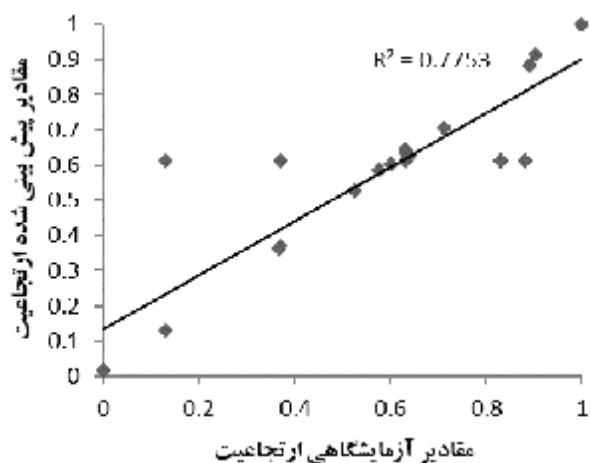
د



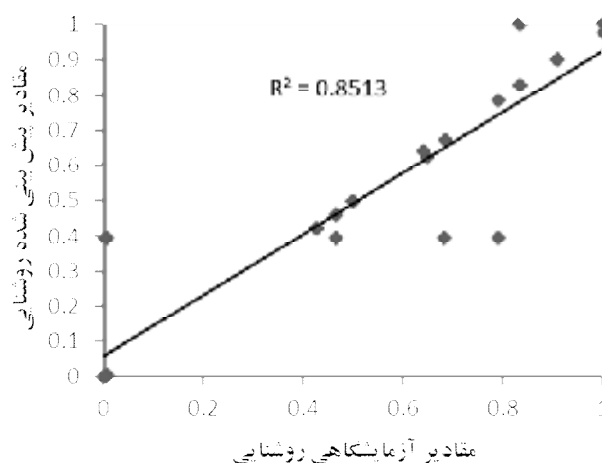
(و)



(ه)



(ن)



(ی)

شکل ۲- تغییرات مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای توپولوژی (پیکربندی) بهینه (۳-۵-۸) در مقابل مقادیر آزمایشگاهی برای چربی

(الف)، a_{ww} (ب)، افت وزن (ج)، صمغیت (د) تعداد کپک مخمر (و)، قابلیت جویدن کپک (ه)، ارتجاعیت بافت کپک (ن) و روشنایی کپک (ی)

پنهان) و برای لایه پنهان به لایه خروجی یک ماتریس 5×8 (اتصال ۵ نورون لایه پنهان به ۸ نورون لایه خروجی) به ترتیب به صورت ماتریس های A و B خواهند بود:

با توجه به توپولوژی شبکه عصبی انتخاب شده که به صورت ۸-۳-۵ می باشد، ماتریس وزن برای لایه ورودی به لایه پنهان یک ماتریس 3×5 (اتصال ۳ نورون لایه ورودی به ۵ نورون لایه

$$A = \begin{pmatrix} 0/204 & 0/041 & 1/589 \\ -5/914 & 0/262 & 0/101 \\ 2/179 & -1/451 & -0/039 \\ 2/722 & 2/804 & -8/132 \\ -2/590 & 2/634 & 2/503 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} -3/673 & -15/844 & -14/557 & 0/238 & 4/391 \\ 3/989 & -0/349 & -1/326 & 1/292 & -1/512 \\ -10/282 & -2/776 & -6/015 & 1/641 & -6/728 \\ 28/116 & -7/818 & -27/311 & 5/302 & -30/899 \\ 14/271 & 1/146 & 1/504 & 6/182 & 0/272 \\ 14/155 & 1/518 & 1/397 & 6/052 & 0/088 \\ -8/304 & 2/951 & 10/397 & 1/002 & 11/646 \\ 5/881 & 36/196 & 37/388 & 2/264 & 0/775 \end{pmatrix}$$

در ضمن ماتریس های بایاس برای لایه پنهان (ماتریس C) و لایه خروجی (ماتریس D) به ترتیب دو ماتریس 5×1 و 1×8 خواهد بود.

$$C = \begin{pmatrix} -1/579 \\ 0/948 \\ -1/012 \\ 5/515 \\ 0/086 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} -3/349 \\ 1/520 \\ -14/747 \\ 8/266 \\ 7/218 \\ 6/838 \\ -3/635 \\ 3/377 \end{pmatrix}$$

سرعت بسیار بالا قادر به پیشگویی و تعیین ویژگی‌های مختلف به عنوان فاکتوری از درصد پودر هسته خرما محصول بود. این سیستم قادر بود، مقدار هر یک از این ویژگی‌های خروجی مورد نظر را در هر درصد دلخواه در محدوده‌ی صفر تا ۱۵ درصد با دقت بسیار بالا و در کسری از ثانیه به دست آورد (۹). در پایان می‌توان بیان داشت که مدل شبکه عصبی به دست آمده در این مطالعه توان پیش‌بینی خصوصیات کیفی کیک حاوی فیبر تفاله سیب را دارد.

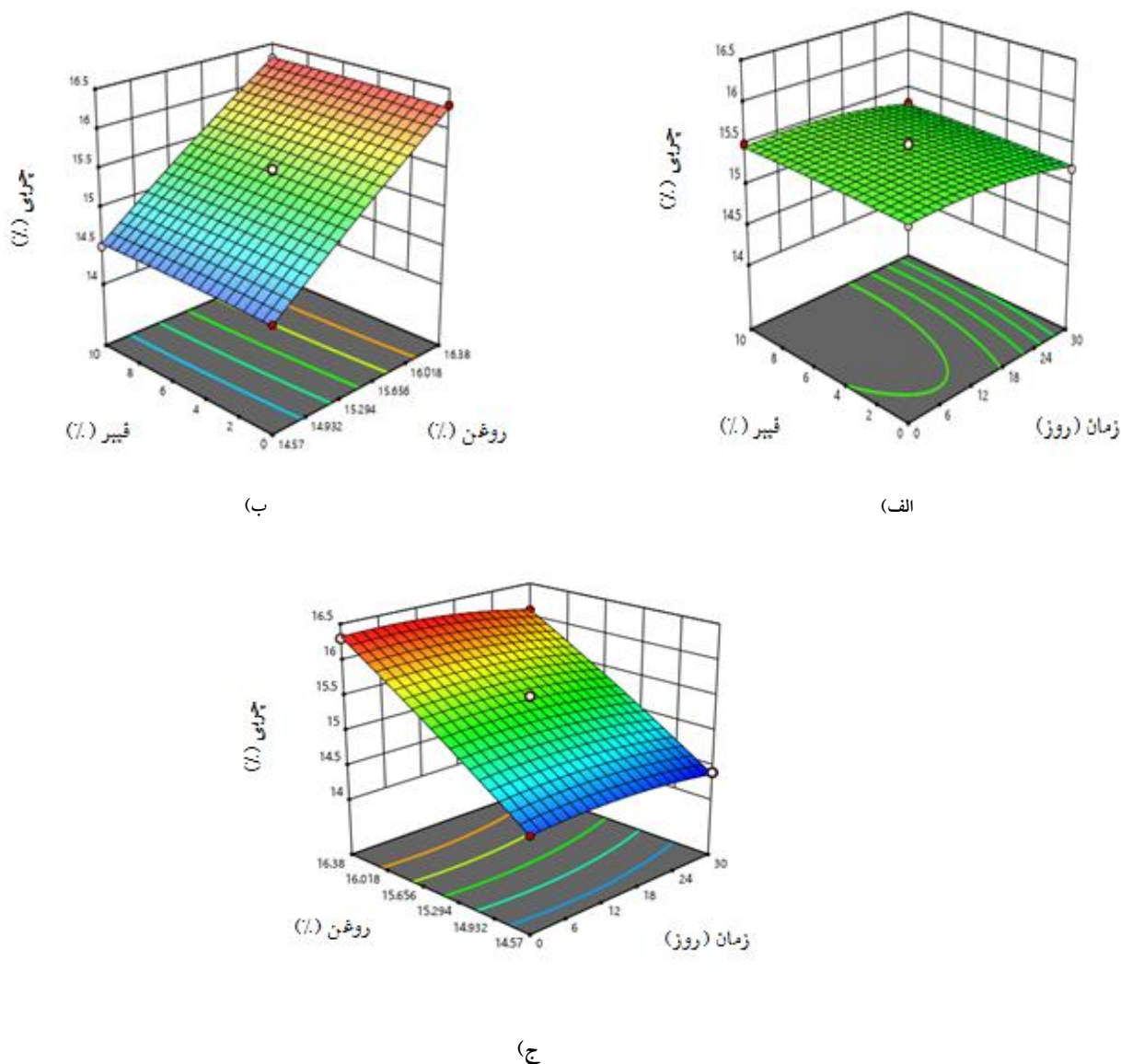
۳-۲- بررسی تأثیر پارامترهای عملیاتی بر برخی از ویژگی‌های مورد بررسی کیک‌های تولیدی

در این بخش از مطالعه ویژگی‌های که دارای بالاترین ضریب همبستگی ($R^2 > 0.9$) را داشتند، مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲-۱- بررسی چربی کیک

نتایج آورده شده در شکل ۳، نشان داد که با افزایش میزان روغن، محتوای چربی کیک تولیدی افزایش قابل توجهی داشت ولی میزان فیبر اثر قابل ملاحظه‌ای روی محتوای چربی کیک تولیدی نداشت. فیبرها معمولاً فاقد چربی می‌باشند، بنابراین در مقدار ثابت روغن با افزایش میزان فیبر موجود در فرمولاسیون تغییر قابل توجهی در میزان چربی نمونه‌های کیک حاصل نشده است و با توجه به شکل ۳، بدیهی است که با افزایش میزان محتوای روغن فرمولاسیون کیک، میزان چربی نمونه‌ها افزایش یابد (۶). با افزایش زمان نگهداری، میزان چربی کیک کاهش چشمگیری از خود نشان داد که این تغییرات می‌تواند مربوط به فرایند اکسیداسیون لیپید در طی زمان نگهداری کیک باشد که طی این فرایند چربی موجود در ساختار کیک دچار اکسایش شده و به هیدروپراکسیدها و سایر محصولات ثانویه حاصل از اکسیداسیون مانند مالون دی آلدئید تبدیل گردید، در نتیجه این امر می‌تواند منجر به کاهش محتوای کل چربی کیک طی دوره نگهداری گردد (۵).

همراستا با این مطالعه محله و قره‌خانی (۱۳۹۷)، بهینه‌سازی فرمولاسیون نان بدون گلوتن حاوی پروتئین سفیده تخم مرغ بر پایه ذرت و تخمین پارامترهای این فرایند با کمک شبکه‌ی عصبی مصنوعی را مورد بررسی قرار داد، نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که شبکه‌ای با یک لایه پنهان حاوی ۹ نورون یعنی چیدمان ۸-۹-۲ (شبکه‌ای با ۲ ورودی، ۹ گره (نورون) در لایه پنهان و ۸ خروجی)، بهترین نتیجه را در پیش‌بینی خروجی‌های مورد نظر داشت. این شبکه با مقدار ضریب همبستگی $1/00$ و میانگین مربعات خطای $0/0011$ بالاترین دقت را در بین توپولوژی‌های در نظر گرفته شده از خود نشان داد (۷). لامرینی و همکاران (۲۰۱۷) از روش جدیدی برای مدل‌سازی ورز دادن خمیر نان بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار داد، این مدل عصبی امکان پیش‌بینی دمای خمیر نان و توان تحویلی لازم برای انجام کارهای مکانیکی را فراهم نمود. مقایسه نتایج با داده‌های تجربی احتمال پیش‌بینی دما و توان تحویل داده شده به خمیر را برای شرایط مختلف عملکرد نشان داد (۱۷). پنتیادو و همکاران (۲۰۱۸) از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای فرمول‌سازی ترکیبات چربی ترانس مشتق شده از دانه‌های سویا و ارزیابی عملکرد آن‌ها هنگام استفاده در تولید بیسکویت‌های چند لایه شیرین استفاده کرد. در این مطالعه برای فرمولاسیون ترکیبات، از دو چربی سویا و روغن سویا به عنوان پایه استفاده شده بود. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای تولید محصولی با چربی ترانس صفر، مشتق شده از دانه‌های سویا برای استفاده در بیسکویت‌های چند لایه شیرین بسیار مفید بود (۲۵). مقیمی (۱۳۹۸) در پژوهشی جهت اندازه‌گیری دقیق و سریع خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان باگت حاوی صفر، $2/5$ ، 5 ، $7/5$ ، 10 و 15 درصد پودر هسته خرما از مدل‌سازی فازی استفاده نمود. نتایج نشان داد که در محدوده ۰ تا ۱۵ درصد پودر هسته خرما مدل منطق فازی ایجاد شده به عنوان یک سیستم کارشناس با دقت و



شکل ۳- تأثیر الف) زمان نگهداری و فیبر، ب) روغن و فیبر و ج) زمان نگهداری و روغن بر چربی کیک‌های تولیدی

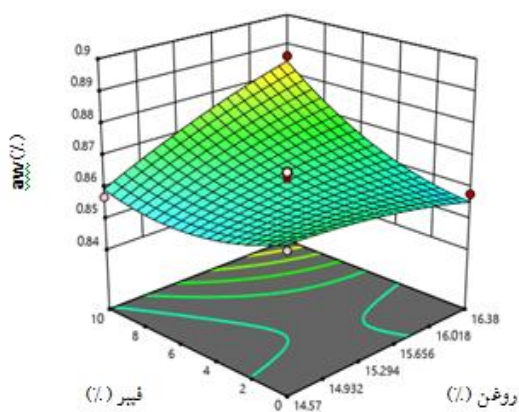
۳-۲-۲- بررسی فعالیت آبی کیک

فعالیت آبی یک مفهوم ترمودینامیکی است و نسبت فشار بخار آب در ماده غذایی به فشار بخار آب آزاد در یک دمای یکسان را بیان می‌کند، در حالی که محتوای رطوبت اندازه‌گیری کمی مقدار آب در یک سیستم است و چگونگی حضور آب در ماده غذایی را منعکس نمی‌کند. فعالیت آبی تمایل به خروج آب از یک نمونه را توصیف می‌کند و از آن می‌توان قدرت اتصال مواد غذایی به آب را استنتاج کرد

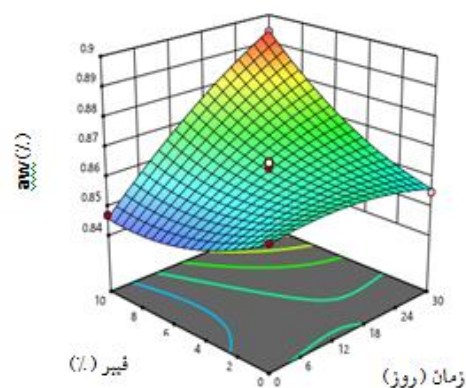
(۱۲). همان‌طور که در شکل ۴ آورده شده است با افزایش هر سه متغیر مورد بررسی (میزان روغن، فیبر و زمان نگهداری) میزان فعالیت آبی نمونه‌ها افزایش یافت. جایگزین چربی در این مطالعه (فیبر تفاله سیب) بر پایه کربوهیدرات می‌باشند و قادر به اتصال به موکول‌های آب هستند، پس فرآورده کم‌چرب حاصل، محتوای رطوبت بیشتری را نسبت به محصولات پرچرب حفظ کرده و در نتیجه بافت مطلوب را حفظ می‌نمایند اما لزوماً فعالیت آبی آن‌ها بیشتر نیست و به دلیل افزایش آب

مورد نیاز است (۲۰). از طرفی فیبر با دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل طبیعت آب‌دوستی دارد که با افزایش میزان آن در فرمولاسیون کیک، میزان گروه‌های باند دهنده با مولکول آب افزایش می‌یابد که قادرند با اتصال با آب سبب انتشار و روغن با محصور کردن مولکول‌های آب به‌عنوان یک عامل ممانعت‌کننده از خروج رطوبت عمل می‌کند. بنابراین حضور هم‌زمان این دو در مقادیر بهینه، منجر به افزایش پایداری و حفظ مولکول‌های آب درون ساختار کیک می‌گردد که در نتیجه فعالیت آبی افزایش می‌یابد (۲۶).

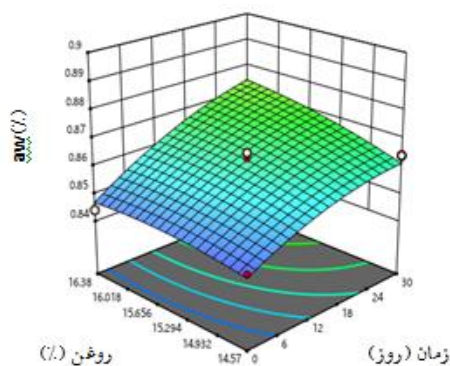
پیوسته مقدار فعالیت آبی آن‌ها نسبت به نمونه پر چرب می‌تواند کمتر باشد (۲۹). طی نگهداری رطوبت از مغز کیک به سمت پوسته مهاجرت می‌کند و از پوسته تبخیر می‌شود. حضور فیبر رژیمی به دلیل ظرفیت بالای اتصال به آب آن سبب کندی حرکت آب از مغز به پوسته کیک می‌شود (۱۹)، پودر سیب مانند برخی پودرهای جایگزین چربی بر پایه غلات، در درجه یک از کربوهیدرات‌هایی مانند نشاسته، فیبر آب‌دوست و قندهای ساده و مرکب تشکیل یافته است. وجود این مواد در کیک روند کاهش فعالیت آبی در طی زمان را کمتر می‌کند، زیرا که انرژی بیشتری برای حذف آب از کیک



(ب)



(الف)



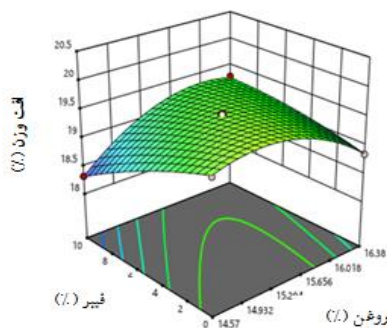
(ج)

شکل ۴- تأثیر الف) زمان نگهداری و فیبر، ب) روغن و فیبر و ج) زمان نگهداری و روغن بر فعالیت آبی کیک‌های تولیدی

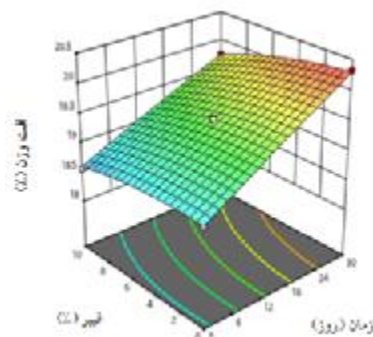
۳-۲-۳- بررسی افت وزن در کیک های تولیدی

همان طور که مشخص است (شکل ۵)، افزایش زمان نگهداری در مقدار روغن ثابت منجر به افزایش میزان افت وزنی کیک گردید، این امر می تواند به دلیل عدم توانایی ساختار کیک در نگهداری و جذب رطوبت باشد که در طول زمان با مهاجرت مولکول های آب از ساختار درونی کیک به سطح، آب موجود در فرمولاسیون تبخیر شده در نتیجه میزان وزن کیک در طول دوره نگهداری کاهش می یابد (۱). از سوی دیگر با افزایش میزان روغن تا حدود ۱۵/۶ درصد میزان افت وزنی به بیشینه مقدار خود رسید و با افزایش بیشتر روغن از میزان افت وزنی کاسته شد. این تغییرات را می توان به این صورت توجیح کرد که افزایش روغن در فرمولاسیون با احاطه کردن مولکول های آب از تبخیر شدن آنها جلوگیری می کند در نتیجه میزان افت وزنی نمونه ها در طول دوره

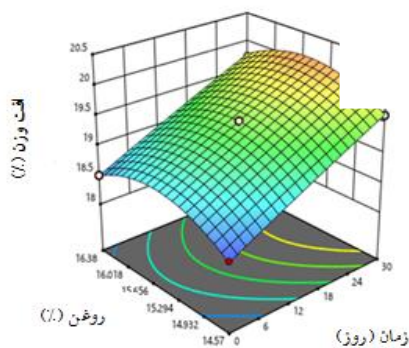
نگهداری کاهش می یابد (۳). با افزایش میزان فیبر در فرمولاسیون کیک میزان افت وزن محصول به طور معنی داری کاهش پیدا کرد. همان طور که در شکل مشاهده می شود بیشترین میزان کاهش افت وزن کیک در فرمولاسیون ۱۰ درصد فیبر و ۱۴/۵۷ درصد روغن حاصل شده است که نشان از توانایی بیشتر فیبر در نگهداری رطوبت در ماتریکس خود دارد. فیبرها به دلیل داشتن گروه های هیدروکسیل در ساختار خود از طریق برقرار کردن باندهای هیدروژنی واکنش متقابل با آب را افزایش می دهند که این امر منجر به حفظ بیشتر رطوبت در ساختار کیک می گردد که در نتیجه افت وزنی کیک در طول دوره نگهداری کاهش می یابد (۲۷). در نهایت در طول زمان ماندگاری رطوبت از مغز به سطح کیک مهاجرت کرده و تبخیر می گردد که منجر به افت وزنی کیک می شود.



(ب)



(الف)

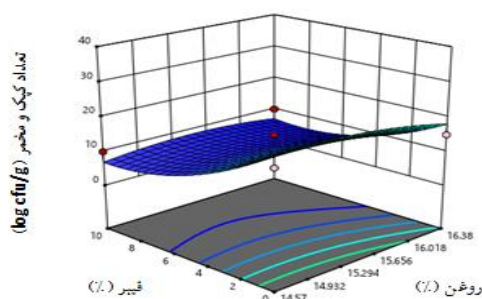


(ج)

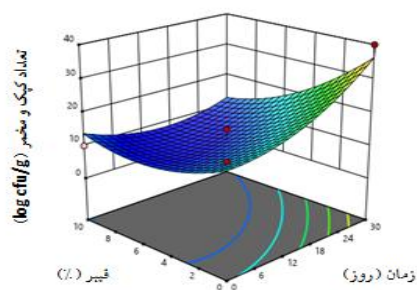
شکل ۵- تأثیر الف) زمان نگهداری و فیبر، ب) روغن و فیبر و ج) زمان نگهداری و روغن بر افت وزن کیک های تولیدی

۳-۲-۴- بررسی تعداد کپک و مخمر کیک های تولیدی
 نتایج (شکل ۶) نشان داد که با افزایش زمان نگهداری و میزان روغن تعداد کپک و مخمر نمونه ها افزایش یافت ولی با افزودن فیبر میزان کپک و مخمر کاهش یافت. افزایش میزان رشد کپک و مخمر با افزایش میزان روغن در فرمولاسیون در مقادیر ثابت و کم فیبر می تواند به بالاتر بودن فعالیت آبی نمونه ها با افزایش میزان روغن فرمولاسیون مرتبط باشد که شرایط مناسب در جهت رشد کپک و مخمر را فراهم نموده است (۴،۳۵). سودجیت و همکاران (۲۰۱۳) از سلولز پوست موز به عنوان فیبر رژیمی در تهیه کیک استفاده نمودند

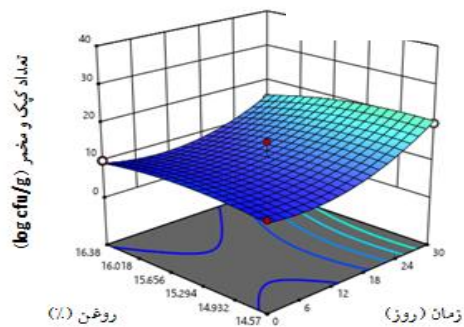
و ویژگی های میکروبی کیک های تولیدی را مورد مطالعه قرار دادند. این محققین در سطح ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد وزنی/وزنی پودر سلولز پوست موز را جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون کیک کردند، نتایج نشان داد که تعداد کپک و مخمر و شمارش کلی میکروبی مطابق با استانداردها بود و با افزودن درصد فیبر تغییر معنی داری در تعداد آن مشاهده نشد (۳۲). همچنین در مطالعه کورشی و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که با افزایش مقدار فیبر در فرمولاسیون کیک شمارش کلی کپک و مخمر کاهش یافت که با نتایج این بخش مطابقت داشت (۲۶).



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۶- تأثیر الف) زمان نگهداری و فیبر، ب) روغن و فیبر و ج) زمان نگهداری و روغن بر تعداد کپک و مخمر کیک های تولیدی

۴- نتیجه گیری

از آن جا که صنعت غذا به ویژه صنایع کیک سازی با پیچیدگی های زیاد و تعدد عوامل موثر در آن روبه رو می باشد. مدل عصبی ارائه شده در این پژوهش را می توان به عنوان مدلی قابل قبول برای مدل سازی این فرایندها معرفی نمود. با مشخص بودن تابع فعال سازی در شبکه های عصبی که در این تحقیق تابع انتقال لگاریتم سیگموئیدی می باشد و همچنین در اختیار داشتن مقادیر وزن و بایاس، می توان روابط ایجاد شده توسط مدل عصبی را استخراج نمود. با تعریف این رابطه ریاضی ساده ای ایجاد شده، در یک نرم افزار کامپیوتری مانند اکسل، می توان برنامه ای کاربردی، ساده و دقیق برای پیش بینی پارامترهای مورد نظر در فرایند تولید کیک کم کالری حاوی فیبر تفاله سیب داشت. با توجه به دقت بالای مدل عصبی می توان با اطمینان بالا به پیش بینی این مدلها اعتماد کرده و از این مدلها 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. همچنین مشخص گردید که با افزایش میزان روغن، محتوای چربی، فعالیت آبی و تعداد کپک و مخمر نمونه ها افزایش یافت ولی با افزایش فیبر تعداد کپک و مخمر و افت وزن نمونه ها کاهش یافت.

۵- منابع

۱. بهرامیان، ا.، لطیفی، ز.، عبادی، م.، غفوری، ز. و ابراهیمی ولدانی، م. ۱۳۹۹. بررسی اثر عصاره چای سبز بر خواص فیزیوشیمیایی و حسی کیک یزدی. مجله تغذیه و صنایع غذایی ایران. دوره ۱۷، شماره ۱۰۴، ۲۹-۳۷.
۲. پایان، ر. ۱۳۸۵. مقدمه ای به تکنولوژی فراورده های غلات. انتشارات آبیژ، ص ۵۵.
۳. رحیمی احمدآباد، ف. و احمدزاده قویدل کریمی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی خواص کیفی درجایگزینی چربی در فرمولاسیون کیک روغنی، همایش ملی علوم و فناوریهای نوین در صنایع غذایی. تربت حیدریه، ایران.
۴. شریعت منش، و. شریفی، ا. ۱۳۹۷. بهینه سازی فرمولاسیون کیک فراسودمند با استفاده از پودر ژل آلوئه ورا. علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۱۵، شماره ۸۳، ۱۲۲-۱۱۳.
۵. عطای صالحی، ا. و سرداریان، ع. ۱۳۹۵. فرمولاسیون کیک روغنی فراسودمند با استفاده از عصاره کدو تنبل و ارزیابی خصوصیات کیفی آن. نوآوری در علوم و فناوری غذایی. دوره ۸، شماره ۴، ۱۲۵-۱۱۲.
۶. عظیمی محله، ا.، زمردی، ش.، محمدی ثانی، ع. و احمدزاده قویدل، ر. ۱۳۹۷. بررسی تاثیر فیبر پرتقال بر خواص فیزیوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه ای توت فرنگی به روش سطح پاسخ. پژوهش های صنایع غذایی. دوره ۵، شماره ۱، ۱۳۴-۱۲۸.
۷. محله، ه. و قره خانی، م. ۱۳۹۷. بهینه سازی فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه ذرت حاوی پروتئین سفیده تخم مرغ و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و تخمین پارامترهای این فرایند با کمک شبکه های عصبی مصنوعی. علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۵، شماره ۸۴. صفحات ۲۳۰-۲۱۷.
۸. محمدی گل، ر.، آزادشهرکی، ف. و لطفی، و. ۱۳۹۶. سنجش کمی فنل کل انگور با استفاده از طیف سنجی فروسرخ نزدیک و شبکه عصبی مصنوعی. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. جلد ۶، شماره ۳، ۳۲۰-۳۱۳.
۹. مقیمی، م. ۱۳۹۸. بررسی و مدل سازی پیش بینی خواص فیزیکیو شیمیایی نان باگت غنی سازی شده با پودر هسته خرما به عنوان ترکیب پری بیوتیک با استفاده از منطق فازی. علوم و صنایع غذایی ایران. جلد ۱۴، شماره ۶۷، ۲۶۳-۲۵۳.
10. Adegunwa, A., Sumnu, G. and Sahin, S. 2018. Effects of addition of

19. Lebesi, D. M. and Tzia, C. 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cup cakes. *Food and bioprocess technology*, 4 (5): 710-722.
20. Lee, S., Kim, S. and Inglett, G.E. 2005. Effect of Shortening Replacement with Oatrim on the Physical and Rheological Properties of Cakes. *Cereal Chemistry*, 82:120-124.
21. Maphosa, Y. and Jideani, V. A. 2016. Dietary fiber extraction for human nutrition—A review. *Food Reviews International*, 32(1): 98-115.
22. McClements, D. J. 2015. Reduced-fat foods: the complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity. *Advances in Nutrition*, 6(3): 338S-352S.
23. Mukhopadhyay, S., Mishra, H. N., Goswami, T. K. and Majumdar, G. C. 2015. Neural network modeling and optimization of process parameters for production of *chhana* cake using genetic algorithm. *International Food Research Journal*, 22(2): 465-475.
24. Olawoye, B., Gbadamosi, S., Otemuyiwa, I., Akanbi, C. 2020. Gluten-free cookies with low glycemic index and glycemic load: optimization of the process variables via response surface methodology and artificial neural network. *Heliyon*, 6(10): 1-10.
25. Penteadoa. A. A. T., Nogueiraa. A. C., Gandrab. K. M. B., Barrera-Arellanoa, D. and Steel. C.J. 2018. Zero trans biscuits with soybean-based fats formulated using an artificial neural network, *Grasas y aceites*, 69(2): 1-10.
26. Qureshi, A., Ainee, A., Nadeem, M. and Munir, M. 2017. Effect of Grape Fruit Albedo Powder on the Physicochemical and Sensory Attributes of Fruit Cake. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30 (2): 185-193.
27. Rosell, C. M., Rojas, J. A. and De Barber, C. B. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81.
- different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal of food science and technology*, 55: 667-677.
11. AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
12. Berry, D. 2012. Managing Moisture in Food Formulations. *Food product design*, 22(6): 2-7.
13. Cikrikci, S. 2013. Production of micro and nano fibers from hazelnut skin and utilization in cakes. MS Thesis. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
14. Danesh, E., Goudarzi, M. and Jooyandeh, H. 2018. Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4): 2416-2425.
15. 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.
16. Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K, and Steel C. J. 2015. Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 63: 1-7.
17. Lamrini, L., Della Valle, G., Trelea, G., Perrot, N. and Trystram. G. 2012. A new method for dynamic modelling of bread dough kneading based on artificial neural network. *Food Control*, 26: 512-524.
18. Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3):1033-1047.

- L. 2013. Effect of banana peel cellulose as a dietary fiber supplement on baking and sensory qualities of butter cake. *Songklanakar in Journal of Science and Technology*, 35 (6): 641-646.
33. Soleimanifard, M., Aelami, M., Chegini, F. K., Najafian, G., Mahoonak, A. R. S. and Khomeyri, M. 2014. Investigation on the effects of kefir on bulky bread quality and its shelf life. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 5(4): 53-65.
34. Yam, K. L. and Papadakis, S. E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61: 137-142.
35. Zhu, Y., Yang, S. Huang, Y., Huang, J. and Li, Y. 2021. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on phenolic compounds and antioxidant properties of soluble and insoluble dietary fibers derived from hullless barley. *Journal of Food Science*, 5(1): 79-87.
28. Riesute, R., Salomskiene, J., Moreno, D. S. and Gustiene, S. 2021. Effect of yeasts on food quality and safety and possibilities of their inhibition, *Trends in Food Science & Technology*, 108: 1-10.
29. Sanchez, C., Klopfenstein, C. F. and Walker, C. E. 1995. Use of carbohydrate-based fat substitutes and emulsifying agents in reduced-fat shortbread cookies. *Cereal Chemistry*, 72(1): 25-29.
30. Sanz, A., Salvador, A., Jimenez, S. and Fiszman, M. 2008. Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance, *European Food Research Technology*, 227:1515-1521
31. Singha, P. and Muthukumarappan, K. 2018. Single screw extrusion of apple pomace-enriched blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions, *Food Science and Technology International*, 1-16
32. Sodchit, C., Tochampa, W., Kongbangkerd. T. and Singanusong,

(Original Research Paper)

Predication of Some Physiochemical Properties of Low Calorie Cake Containing Apple Fiber Using Artificial Neural Networks

Maryam Sabet Ghadam¹, Mohammad Reza Saeedi Asl¹, Akram Sharifi^{2*}, Ahmad Pedram Nia¹,
Mohammad Armin³

1-Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

2-Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

3- Department of Agriculture, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Received:05/10/2021

Accepted:16/12/2021

Abstract:

In this research, in order to modelling and predicating some physiochemical properties of low calorie cake containing apple pulp fiber from different percentages, apple pulp fiber (0-10%) and maintenance time (0-30 days) were used and fat degree, water activity, dropping off, the number of mold & yeast, resinous, chewable, elasticity and brightness of cake samples were surveyed. For predication of changing processes from artificial neural networks, MATLAB R2013a software was used. The survey showed that different networks, releasing feedback networks with typology of 8-5-3 with correlation coefficient more than 912/0 and the average square less than 0115/0 and applying sigmoid activation hyperlogic, mutant learning patterns and 1000 learning cycle considered as the best neural modelling. The result showed that the selected optimal models also were surveyed and these models with high correlation coefficient (more than 689/0) were able to predict the changing processes. Among measurable properties, artificial neural networks were so accurate for predicting the level of fat.

Keywords: Cake, Apple Pulp Fiber, Artificial Neural Networks, Modelling

* Corresponding Authors: asharifi@qiau.ac.ir