



### خشک کردن کف پوشی پنیر ریکوتا و پیش‌بینی ویژگی‌های آن با مدل شبکه عصبی مصنوعی

زهرا باقری<sup>۱</sup>، علی معتمدزادگان<sup>۲\*</sup>، رضا خان‌بابائی<sup>۳</sup>، ایوب فرهادی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استادیار گروه فیزیک دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۴- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	شبکه‌های عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از معادلات غیرخطی هستند که توانایی برای خود سازگاری دارد تا ارتباطات غیرخطی پیچیده بین متغیرهای ورودی و خروجی را برقرار کنند. از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی برای پیشگویی جهت تهیه پودر پنیر ریکوتا با کیفیت مطلوب استفاده شد. در این پژوهش، شبکه عصبی مصنوعی ۴ کلاسه با مدل پرسپترون چندلایه برای پیش‌بینی داده‌های کف و پودر پنیر ریکوتا که به روش خشک کردن کف پوشی تهیه شدند، مورد استفاده قرار گرفت. این مدل‌سازی با روش شناسایی الگو و با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین انجام شد. شناسایی الگو، توانایی تشخیص ترتیب خصوصیات یا داده‌هایی است که اطلاعات مربوط به سیستم یا مجموعه داده‌ها را می‌دهد. مدل مورد استفاده برای این پژوهش دارای ۱۰ نرون در لایه پنهان بود. ۴ نسبت متفاوت شیر و آب پنیر (تیمارها) به عنوان ورودی و دانسیته کف، دانسیته پودر، هیگروسکوپ، فعالیت آبی، جذب آب و جذب روغن به عنوان خروجی‌های مدل در نظر گرفته شدند. در این مدل ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای آزمایش و ۱۵ درصد از داده‌ها برای اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. بهترین عملکرد اعتبارسنجی در دوره ۲۰ رخ داد. نتایج نهایی نشان داد که مدل مورد استفاده با دقت ۹۴/۸ درصد توانست داده‌های مربوط به هر کلاس را به درستی پیش‌بینی نماید.
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۰۲	
کلمات کلیدی: خشک کردن کف پوشی، ریکوتا، شبکه عصبی مصنوعی، شناسایی الگو، مدل‌سازی.	
DOI: 10.29252/fsct.18.06.20	
* مسئول مکاتبات: amotgan@yahoo.com	

## ۱- مقدمه

ریکوتا نوعی پنیر تجاری ایتالیایی است که از طریق انعقاد حرارتی آب پنیر تهیه می‌شود. پنیر ریکوتا از ترکیبات قابل انعقاد (اساساً آلومین) آب پنیر به دست آمده و فرآیند ساخت آن مشابه پنیرهای موزارلا، چدار، سوئیس و پروولون می‌باشد. از ویژگی‌های مهم این پنیر، نرمی بافت و رطوبت زیاد می‌باشد [۱]. پنیر ریکوتا یک پنیر خامه‌ای نرم است که به طور معمول از آب پنیر شیرین، مخلوط آب پنیر و شیر کامل، شیر پس چرخ و یا پودر شیر پس چرخ در نسبت‌های مختلف تهیه می‌شود [۲]. پنیر ریکوتا رطوبت بالا و pH اولیه بالاتر از ۶ دارد و به علت خواص تغذیه‌ای، فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی آن، محیط مناسبی برای تکثیر میکروارگانیسم‌ها می‌باشد [۳]. خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش‌های فرآوری و نگهداری مواد غذایی می‌باشد. اخیراً خشک کردن کفپوشی به عنوان یک روش موثر مورد توجه زیادی قرار گرفته است زیرا مشکلات روش‌های خشک کردن سنتی، از جمله جذب آب ضعیف، مشخصات حسی نامطلوب و زمان خشک شدن طولانی وجود ندارد [۴]. خشک کردن کفپوشی معمولاً تحت شرایط خفیف درجه حرارت باعث خسارت و یا تغییرات جزئی در کیفیت می‌شود [۵]. برای ایجاد ارتباط بین خواص فیزیکی و ساختار غذاهای خشک شده، مانند مدل‌های مبتنی بر ساختارهای نظری، تحلیل رگرسیون یا تجزیه و تحلیل جزء اصلی، روش‌های متعددی وجود دارد. بسته به نوع محصول، رطوبت، نوع خشک شدن و شرایط خشک شدن، خواص مواد غذایی خشک شده متفاوت است. بنابراین، مدل‌سازی خشک کردن مهم‌ترین عامل برای بهینه‌سازی عملکرد پارامترها و بهبود عملکرد سیستم خشک کردن است [۶]. امروزه محققان در مورد پتانسیل شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)؛ سیستم تلفیقی عصبی-فازی (ANFIS)؛ الگوریتم ژنتیکی (GA) و منطق فازی (FL) امید

فراوانی دارند. این روش‌ها می‌توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای مدل‌های مرسوم مانند آنالیز رگرسیون چندگانه و روش سطح پاسخ استفاده شوند. روش مبتنی بر هوش مصنوعی توسعه یافته است و به طور گسترده برای شبیه‌سازی خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی استفاده می‌شود [۷]. شبکه‌های عصبی به عنوان یکی از این رویکردهای ماشینی از چند ویژگی مناسب برخوردار است که از آنها می‌توان به مدل‌سازی مسائل چندبعدی با دقت مناسب، سرعت عمل بالا و ارائه نتایج قابل قبول حتی با وجود داده‌هایی با انحراف (نویز) زیاد اشاره نمود [۸]. شبکه‌های عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از معادلات غیرخطی هستند که از یک مدل ساده عملکرد مغز انسان الهام گرفته شده است. این مدل توانایی برای خود سازگاری دارد تا ارتباطات غیرخطی پیچیده بین متغیرهای ورودی و خروجی را برقرار کند [۹]. فرایند شناسایی الگو<sup>۵</sup> با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین<sup>۶</sup> انجام می‌شود. شناسایی الگو را می‌توان طبقه‌بندی داده‌ها بر اساس اطلاعات قبل یا اطلاعات آماری به دست آمده از الگوها و یا بازنمایی آنها تعریف کرد. شناسایی الگو، توانایی تشخیص ترتیب خصوصیات یا داده‌هایی است که اطلاعات مربوط به سیستم یا مجموعه داده‌ها را می‌دهد [۱۰]. بررسی خصوصیات فیزیکی پودر پنیر تهیه شده به روش خشک کردن کفپوشی، یکی از روش‌های بررسی فرآیند تولید پودر پنیر ریکوتا برای یافتن پودری با خصوصیات مطلوب می‌باشد. واسکز و همکاران (۲۰۱۸) مدت زمان فرایند رسیدن پنیر سوئیس را از نظر سختی مدل‌سازی کردند. در این فرآیند شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیون مربعات جزئی را مورد مقایسه قرار دادند، که نتایج مدل‌سازی عملکرد بهتر شبکه عصبی مصنوعی را در پیشگویی نشان داد [۱۱]. خاواس و همکاران در سال ۲۰۱۶ پارامترهای مختلف خشک کردن تحت خلاء برش‌های موز را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک بررسی کردند. در این مطالعه تاثیر درجه حرارت خشک کردن، ضخامت

1. Artificial Neural Network
2. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
3. Genetic Algorithm
4. Fuzzy Logic

5. Pattern Recognition
6. Machine Learning Algorithm

کف‌پوشی پنیر ریکوتا با بررسی تأثیر فرمولاسیون‌های مختلف پنیر ریکوتا بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر پنیر ریکوتا می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

مواد اولیه مورد استفاده برای این پژوهش، پودر آب‌پنیر و شیرخشک (شرکت پگاه فارس)، پودر سفیده تخم‌مرغ (فروشگاه‌های لوازم قنادی در ساری) و صمغ زانتان (شرکت ریحان گام پارسیان) بودند. تجهیزات مورد استفاده در این پژوهش شامل: آون (مدل UFLLO، Memert، آلمان)، سانتریفیوژ (مدل T4-50CC، آروم تجهیز، ایران)، همزن برقی خانگی (مدل GHM818، GOSONIC، چین)، گوشت‌کوب برقی (مدل MQ-320، Braun، آلمان)، ترازوی دیجیتال (HS-300S، MT electronic، چین)، pH متر (مدل CP-511، ELMETRON، لهستان) و لوازم شیشه‌ای بود.

### ۲-۲- تولید پنیر ریکوتا

چهار نوع پنیر ریکوتا با نسبت‌های متفاوت از شیر و آب‌پنیر (فرمولاسیون ۱: ۱۰۰-۰؛ فرمولاسیون ۲: ۶۶/۷-۳۳/۳؛ فرمولاسیون ۳: ۳۳/۳-۶۶/۷؛ فرمولاسیون ۴: ۰-۱۰۰) تهیه شد. جهت تولید پنیر ریکوتا مقادیر مشخصی از پودر آب‌پنیر و شیرخشک در آب حل شد و pH آن با سود (۱ نرمال) تا حدود ۷ تنظیم شد. مخلوط مورد نظر سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۸۶°C حرارت دیده و سپس pH آن با اسیدلاکتیک (۱ نرمال) به ۵ کاهش یافت. برای ایجاد لخته از سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد [۱۵].

### ۲-۳- آماده‌سازی کف

جهت تولید کف، ۲۰ گرم پنیر ریکوتا به همراه ۳ درصد پودر سفیده تخم‌مرغ و ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان، با آب (برای رسیدن محلول به وزن ۱۰۰ گرم) مخلوط شد. محلول تهیه شده با

و آزمون‌های کیفی مانند سرعت از دست دادن آب،  $a_w$ ، رنگ و بافت مورد ارزیابی قرار گرفته شد. رویکردی مقایسه‌ای بین شبکه عصبی مصنوعی و روش سطح پاسخ (RSM) برای پیش‌بینی پارامترهای مختلف برای خشک کردن تحت خلاء موز ایجاد شد. نتایج نشان داد که مدل ANN نسبت به RSM در پیش‌بینی دقیق‌تر عمل کرد [۱۲]. فدایی و همکاران در سال ۱۳۹۹ مدل‌سازی خشک کردن خرما را با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک-شبکه عصبی مصنوعی انجام داده و به بررسی ویژگی‌های آن پرداختند. نتایج مدل‌سازی با روش الگوریتم ژنتیک-شبکه عصبی مصنوعی سرعت و دقت بالای مدل‌سازی را نشان داد. با استفاده از شبکه‌ای با تعداد ۱۵ نرون در لایه پنهان و با استفاده از تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک و درصد داده‌های مورد استفاده برای آموزش/تست/ارزیابی، برابر ۶۰، ۲۰، ۲۰ می‌توان به خوبی سینتیک خشک کردن خرما را پیشگویی نمود [۱۳]. صالحی و همکاران (۱۳۹۴) در زمینه خشک کردن اسمزی زردآلو مطالعاتی انجام دادند. در این پژوهش، مدل‌سازی فرآیند به روش الگوریتم ژنتیک-شبکه عصبی مصنوعی با ۳ ورودی و ۳ خروجی جهت پیشگویی کاهش وزن، کاهش آب و جذب مواد جامد انجام شد. نتایج مدل‌سازی نشان داد، شبکه‌ای با ۱۴ نرون در لایه پنهان، می‌تواند به خوبی درصد کاهش وزن ( $R=0/98$ )، درصد کاهش آب ( $R=0/97$ ) و جذب مواد جامد ( $R=0/96$ ) در طی فرآیند خشک کردن اسمزی زردآلو را پیشگویی نماید [۱۴]. در گذشته کیفیت محصولات لبنی به مهارت کارکنان آن وابسته بود. با توسعه صنایع و افزایش حجم تولید و رقابت روزافزون برای تولید بیشتر با کیفیت بهتر روی‌آوری به نظارت ماشینی و خودکار اجتناب‌ناپذیر است. امروزه توجه به مزایای فناوری هوش مصنوعی استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در سطح وسیعی برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی پارامترهای مورد نیاز در فرایندهای خشک کردن این محصولات در حال رشد و توسعه است. هدف از این پژوهش بهینه‌سازی پارامترهای فرآیند خشک کردن

### ۲-۵-۴- جذب رطوبت<sup>۱۰</sup> پودر

۱ گرم نمونه پودر همراه با محلول اشباع سدیم کلرید در دسیکاتور قرار داده شد. نمونه‌ها پس از ۷-۱۰ روز به بالانس رطوبتی با محیط اطراف خود رسید، مجدداً توزین انجام شد [۲۱].

### ۲-۵-۵- فعالیت آبی

مقادیر فعالیت آبی نمونه‌های پودری با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی<sup>۱۱</sup> اندازه‌گیری شد. برای این کار ۲ گرم نمونه در فنجان دستگاه گذاشته سپس با شروع برنامه به صورت خودکار اندازه‌گیری انجام شد. دمای نمونه در  $24/5 \pm 0/5^{\circ}\text{C}$  حفظ شد [۴].

### ۲-۶- آنالیز آماری

پژوهش حاضر به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) برای بررسی تاثیر سطوح مختلف نسبت شیر و آب پنیر (۴ سطح) بر صفات مختلف کف و پودر پنیر ریکوتا با استفاده از رویه مدل خطی تعمیم یافته (GLM)<sup>۱۲</sup> در نرم افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱ انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

### ۲-۷- طبقه‌بندی به کمک شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی شامل یک گروه متصل از نورون‌های مصنوعی است و اطلاعات را با استفاده از یک رویکرد اتصال به محاسبات، پردازش می‌کند. ANN یک سیستم تطبیقی است که ساختار آن براساس اطلاعاتی که از طریق شبکه در طول مرحله یادگیری به آن داده می‌شود، شکل می‌گیرد. با داشتن اطلاعات کافی، ANN قادر به یادگیری ارتباط بین داده‌های ورودی و خروجی است. همزمان با مرحله یادگیری، فاز آزمایشی اتفاق می‌افتد که در آن شبکه خود را با بخش دیگری از داده‌ها، آزمایش می‌کند [۲۲]. طبقه‌بندی فرآیند خشک کردن کف پوشی پنیر ریکوتا جهت پیشگویی دانسیته کف، دانسیته پودر، جذب آب، جذب روغن،

گوشت کوب برقی هموزنیزه شد سپس به مدت ۵ دقیقه با همزن برقی، همزده شد تا کف مناسبی به دست آمد. سپس نمونه‌های کف با ضخامت ۵ میلی‌متر در ۶ دما ( $50^{\circ}\text{C}$ ،  $55^{\circ}\text{C}$ ،  $60^{\circ}\text{C}$ ،  $70^{\circ}\text{C}$ ،  $75^{\circ}\text{C}$ ) خشک شدند.

### ۲-۴- اندازه‌گیری خصوصیات کف

#### ۲-۴-۱- دانسیته کف

جهت تعیین دانسیته کف، مقداری از کف بلافاصله پس از تهیه و با دقت (بدون تخریب ساختار) به درون استوانه مدرج با حجم ۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و جرم ۵۰ میلی‌لیتر کف اندازه‌گیری شد. سپس دانسیته کف از رابطه زیر محاسبه گردید [۱۶].

$$\text{دانسیته کف} = \frac{\text{جرم کف (g)}}{\text{حجم کف (cm}^3\text{)}}$$

### ۲-۵- اندازه‌گیری خصوصیات پودر

#### ۲-۵-۱- دانسیته پودر

برای محاسبه دانسیته توده‌ای، پودر پنیر را در استوانه مدرج تا ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و سپس توزین انجام شد [۱۷].

#### ۲-۵-۲- جذب آب<sup>۸</sup> پودر

روش واشبرن<sup>۹</sup> اصلاح شده برای اندازه‌گیری رطوبت پودر پنیر استفاده شد. برای این کار ۱ گرم پودر درون یک لوله پلاستیکی بدون کف ریخته شد ( $d=15\text{ mm}$ ). از کاغذ فیلتر ( $d=125$ ) برای نگه داشتن پودر استفاده شد و لوله، بالای سطح آب مقطر ( $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ثابت شد. بعد از ۱۰ دقیقه، جرم آب جذب شده اضافی با استفاده از توزین اندازه‌گیری شد [۱۸].

#### ۲-۵-۳- جذب روغن پودر

۰/۵ گرم از نمونه پودر را درون لوله آزمایش ریخته و به آن ۱۰ میلی‌لیتر روغن اضافه شد [۱۹]. بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، به مدت ۲۵ دقیقه با دور ۲۵۶۰ rpm سانتریفیوژ انجام شد. روغن اضافی خارج شد و مقدار روغن جذب شده بدست آمد [۲۰].

10. Hygroscopicity  
11. Water Activity Meter  
12. Generalized Linear Model

8. Wettability  
9. Washburn

هیگروسکوپیی و فعالیت آبی با استفاده از فرآیند شناسایی الگو که توسط الگوریتم شناسایی الگوی شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت. روش شناسایی الگوی آماری فرض می‌کند که اجزاء بردارهای داده چند بعدی مورد بررسی، در کل یک ویژگی را نشان می‌دهند. ایده شناسایی الگوی، پیوند دادن هر ورودی به یکی از کلاس‌ها است. طبقه‌بندی داده‌ها به کمک شناسایی الگو، ساختار داده‌ها را مشخص می‌کند و سعی می‌کند تا داده‌های جدید را به یکی از کلاس‌های مشخص شده ارسال کند [۲۳]. نرون‌ها در این نوع شبکه در سه لایه ورودی، پنهان و خروجی دسته‌بندی می‌شود. در این پژوهش ۴ نسبت متفاوت شیر و آب‌پنیر برای تهیه پنیر ریکوتا به عنوان ورودی و دانسیته کف، دانسیته پودر، هیگروسکوپیی، جذب آب، جذب روغن و فعالیت آبی به عنوان ویژگی به شبکه عصبی مصنوعی داده شدند. از جمله معایبی که شبکه پرسپترون چند لایه دارد می‌توان به محدودیت تعداد متغیرهای ورودی به شبکه اشاره کرد [۲۴]، از این رو برای این مدل از ۴ کلاس استفاده شد با توجه به میزان دقت طبقه‌بندی ۱۰ نرون برای لایه پنهان بدست آمد. برای این مدل، از نرم افزار matlab 2018 استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- نتایج بررسی اثر فرمولاسیون بر ویژگی‌های کف و پودر پنیر ریکوتا

با توجه به نتایج آنالیز واریانس انجام شده اثر فرمولاسیون پنیر ریکوتا بر دانسیته کف پنیر ریکوتا و دانسیته، هیگروسکوپیی، جذب آب، جذب روغن و فعالیت آبی پودر پنیر ریکوتا در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). افزایش میزان آب‌پنیر به فرمولاسیون پنیر ریکوتا موجب کاهش میزان دانسیته کف شد. این مربوط به پروتئین‌های آب‌پنیر می‌باشد که خاصیت کف‌زایی بیشتری دارند [۲۵]. هنگامی که صمغ زانتان به یک مایع اضافه می‌شود، موجب افزایش ویسکوزیته آن می‌شود. این افزایش ویسکوزیته مانع از ورود هوا شده و حداکثر میزان هوای محبوس

شده در مخلوط را کاهش می‌دهد، از این رو موجب کاهش انبساط و در نتیجه افزایش دانسیته کف می‌گردد [۲۶]. دانسیته توده‌ای به ترکیبات پودر بستگی دارد، افزایش درصد شیر (فرمولاسیون پنیر تولیدی) منجر به افزایش دانسیته پودر می‌شود [۱۷]. نتایج آنالیز واریانس داده‌های مربوط به تاثیر فرمولاسیون بر دانسیته پودر نشان داد که پنیر تولیدی با فرمولاسیون شیر کامل، بیشترین میانگین دانسیته را نسبت به فرمولاسیون‌های دیگر دارد (جدول ۲). با افزایش درصد پروتئین آب‌پنیری، حباب‌های کوچکتر ایجاد شده که موجب کاهش دانسیته پودر می‌شود. نتایج آنالیز واریانس داده‌های مربوط به تاثیر فرمولاسیون بر هیگروسکوپیی، بیشترین میانگین هیگروسکوپیی را برای فرمولاسیون نوع ۴ یعنی شیر کامل نشان داد. لاکتوز موجود در شیر به فرم آمورف بوده و فوق‌العاده هیگروسکوپ می‌باشد. اما لاکتوز موجود در آب‌پنیر به فرم کریستالی بوده و جذب رطوبت ندارد به همین خاطر با افزایش درصد شیر، هیگروسکوپیی افزایش می‌یابد [۲۷]. به طور کلی قابلیت جذب آب، پنیر تهیه شده از شیر بیشتر از پنیر تهیه شده از آب‌پنیر می‌باشد. این مسئله مربوط به لاکتوز موجود در آب‌پنیر می‌باشد که منجر به کاهش جذب آب در پودر پنیر می‌شود [۱۷ و ۲۶]. هرچقدر پروتئین‌های هیدروفوب بیشتر باشند نشان دهنده اتصال بیشتر لیپیدها می‌باشد، زنجیره‌های آمینواسید غیرقطبی با زنجیره‌های معدنی چربی‌ها اتصال برقرار می‌کند. بالا بودن ظرفیت جذب روغن نمونه نشان دهنده بیشترین رشته‌های غیرقطبی در مولکول‌های پروتئینی آن می‌باشد [۲۸].  $\beta$ -لاکتوگلوبولین در آب‌پنیر وجود دارد ولی میزان آن با افزودن شیر بیشتر می‌شود. این پروتئین به اسید چرب‌های زنجیره بلند متصل شده و موجب افزایش ظرفیت جذب روغن می‌شود. از طرفی کازئین موجود در شیر اطراف گلبول چربی را گرفته و به صورت غشا عمل می‌کند که این مورد نیز موجب افزایش جذب روغن می‌شود [۲۹] (جدول ۲).

با توجه به اینکه آب از مهم‌ترین عوامل فساد میکروبی، آنزیمی و شیمیایی در مواد غذایی محسوب می‌شود کاهش و کنترل فعالیت‌های آب، روشی بسیار موثر برای افزایش زمان ماندگاری و

کمتر از ۰/۲۳ می باشد. به نظر می رسد، ساختار متخلخل کف و خروج قسمت اعظم آب آزاد موجود در آن، طی فرایند خشک کردن و همچنین حضور صمغ با خاصیت هیدروفیلی بالا از دلایل اصلی پایین بودن میزان فعالیت آبی پودرها می باشند. از آنجا که اغلب واکنش های شیمیایی، میکروبی و آنزیمی در فعالیت آبی کمتر از ۰/۶ متوقف و از رشد اکثر کپک ها، مخمرها و باکتری ها به ترتیب در فعالیت های آبی پایین تر از ۰/۷ و کمتر از ۰/۸ و ۰/۹ جلوگیری خواهد شد. در صورت کنترل  $a_w$  با دما، pH، اکسیژن و دی اکسید کربن یا نگهداری، و عدم جذب رطوبت پودرهای تهیه شده به روش خشک کردن کف پوشی می توانند تاثیری چشمگیر در جلوگیری از رشد میکروبی داشته باشند و ماندگاری محصول را افزایش دهند. از طرفی، ظرفیت نگهداری آب پروتئین ها به دلیل دناتوره شدن کاهش می یابد، که به نوبه خود می تواند فعالیت آبی پودرها را کاهش دهد [۳۳ و ۳۴].

جلوگیری از واکنش های نامطلوب در ماده غذایی می باشد [۳۰]. قابلیت خیس شدگی توانایی پودر برای جذب آب در سطح ذرات است که عمدتاً از ذرات بزرگ با تخلخل بیشتر و همچنین پودرهایی که مقدار لاکتوز بالایی دارند منشا می گیرند همچنین افزایش اندازه ذرات باعث افزایش جذب آب می شود [۳۱]. اگرچه قابلیت خیس شوندگی پودرها تحت تأثیر ساختار و خصوصیات سطح ذرات پودر می باشد، بر این اساس، اندازه بزرگتر و چربی آزاد کمتر باعث خیس شدن و پراکندگی بیشتر ذرات می شوند. [۳۲]. نتایج آنالیز واریانس داده های مربوط به تاثیر فرمولاسیون بر جذب آب پودر نشان داد که به طور کلی قابلیت جذب آب پنیر تهیه شده از شیر بیشتر از پنیر تهیه شده از آب پنیر می باشد. این مسئله مربوط به لاکتوز موجود در آب پنیر می باشد که منجر به کاهش جذب آب در پودر پنیر می شود [۱۷ و ۲۶].

مقادیر فعالیت آبی پودرهای پنیر ریکوتا در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود میانگین مقادیر فعالیت آبی

**Table 1** Results of analysis of variance of formulation on foam density, powder density, hygroscopy, wettability, oil absorption and water activity of Ricotta cheese powder ( $P < 0.05$ )

Source	P value					
	Foam Density	Powder Density	Hygroscopy	Wettability	Oil Absorption	Water Activity
Formulation	0.0009*	0.0043*	<.0001**	0.0009*	0.0034*	<.0001**

**Table 2** Effect of formulation and foam mat drying on foam density, powder density, hygroscopy, wettability, oil absorption and water activity of Ricotta cheese powder

Formulation	Foam Density	Powder Density	Hygroscopic	Wettability	Oil Absorption	Water Activity
1	0.399 <sup>b</sup>	0.972 <sup>ab</sup>	0.083 <sup>c</sup>	0.117 <sup>b</sup>	0.577 <sup>b</sup>	0.222 <sup>a</sup>
2	0.435 <sup>a</sup>	0.643 <sup>c</sup>	0.081 <sup>c</sup>	0.098 <sup>b</sup>	0.62 <sup>ab</sup>	0.187 <sup>c</sup>
3	0.439 <sup>a</sup>	0.659 <sup>bc</sup>	0.094 <sup>b</sup>	0.142 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>	0.193 <sup>bc</sup>
4	0.404 <sup>b</sup>	0.69 <sup>a</sup>	0.133 <sup>a</sup>	0.113 <sup>b</sup>	0.615 <sup>ab</sup>	0.198 <sup>b</sup>

Different lower case superscripts in the column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

برای شناسایی متغیرهای اثرگذار در بهینه یابی فرایند تولید، آنالیز واریانس داده ها با نرم افزار SAS انجام شد و داده هایی که بر متغیر ورودی یعنی فرمولاسیون تاثیر معنی داری داشتند، به عنوان

### ۲-۳- نتایج طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی

برای ارائه مدلی دقیق ابتدا باید متغیرهای تاثیرگذار بر فرمولاسیون را شناسایی کرد، سپس از آنها جهت طراحی مدل استفاده کرد.

طبقه‌بندی است. (شکل ۲) ماتریس<sup>۱۵</sup> زیر به راحتی قابل تفسیر است، ردیف‌هایی افقی، خروجی کلاس‌ها و ستون‌ها، کلاس هدف (ویژگی‌هایی که به شبکه داده شده) را نشان می‌دهند، در حالی که سلول‌های مورب پیش‌بینی‌های درست در هر کلاس را نشان می‌دهند. با توجه به ماتریس زیر شبکه، ۲۳ داده از کلاس‌های ۱ و ۴ را درست پیش‌بینی کرده و در کلاس ۲ توانسته به طور کلی همه داده‌ها را درست پیش‌بینی کند. همچنین در کلاس ۳، شبکه ۲۱ داده را درست پیش‌بینی کرده است. در این حالت به طور کلی شبکه با دقت ۹۴/۸٪ داده‌ها را پیش‌بینی کرده است (جدول ۳).

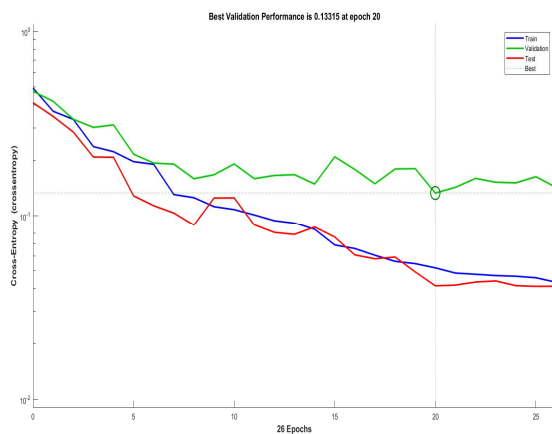


Fig 1 Best validation performance

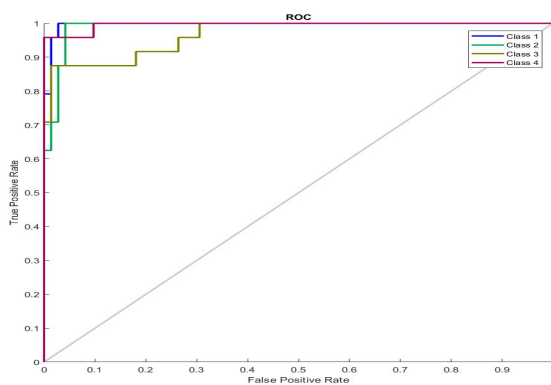


Fig 2 Receiver operating characteristic in ANN

داده‌های خروجی انتخاب شدند. با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین با هدف کاهش خطا شبکه عصبی با ۱۰ نرون در لایه پنهان ایجاد شد. شبکه عصبی ۴ کلاس ایجاد شد که هر کلاس دارای ۲۴ داده می‌باشد. آموزش و آزمایش داده‌ها مهمترین جزء از طراحی شبکه‌های عصبی می‌باشند. برای این کار داده‌ها می‌بایست به داده‌های آموزش و آزمایش تفکیک شوند. بخشی از داده‌ها نیز برای اعتبارسنجی در نظر گرفته می‌شود. ابتدا توسط مجموعه داده‌های آموزش، شبکه آموزش داده می‌شود. سپس با استفاده از مجموعه آزمایش (تست) شبکه را ارزیابی کرده تا مشخص شود که آیا شبکه از عهده داده‌هایی که تا به حال به آن نشان داده نشده بر می‌آید یا خیر. در خلال آموزش، میزان خطای بین خروجی مطلوب و خروجی واقعی اندازه‌گیری می‌شود. هدف فاز آموزش، کاستن مقدار خطا از طریق تعدیل اوزان می‌باشد لذا در خلال آموزش، خطا (یا به عبارت دیگر مربع خطا) باید کاهش یابد و آموزش زمانی متوقف خواهد شد که این مقدار کاهش، مقدار ناچیزی باشد. اما نکته‌ای که می‌بایست به آن توجه نمود چگونگی تقسیم داده‌ها است. اگر چه راه حل معینی برای تقسیم‌بندی آنها وجود ندارد اما خصوصیات از قبیل خصوصیات مسئله مورد بحث، نوع داده‌ها و اندازه داده‌ها در دسترس بایستی در تصمیم‌گیری مدنظر قرار گیرد. اگرچه داده‌های آزمایش کمتر از داده‌های آموزش باشد آنگاه شبکه از کارایی بیشتری برخوردار است. داده‌های اعتبارسنجی، داده‌های مورد استفاده برای ارائه ارزیابی بی‌طرفانه از مدل مناسب در مجموعه داده‌های آموزش، در ضمن تنظیم پارامترهای مدل می‌باشد. این ارزیابی زمانی هدف‌دارتر می‌شود که داده‌های اعتبارسنجی در ساختار مدل گنجانیده شود. ۶۸ داده (۷۰٪) برای آموزش و ۱۴ داده (۱۵٪) برای تست و ۱۴ داده (۱۵٪) برای اعتبارسنجی استفاده شد. شبکه حاصل دارای ۱۰ نرون در لایه پنهان می‌باشد.

شکل ۱ بهترین عملکرد اعتبارسنجی را نشان می‌دهد که در دوره (ایپاک) ۲۰ رخ می‌دهد. ایپاک<sup>۱۳</sup> برای نشان دادن تعداد دفعاتی که شبکه از داده‌ها برای آموزش و تست استفاده کرده، به کار می‌رود [۳۵]. (نمودار ۱) هرچه منحنی ROC<sup>۱۴</sup> (اهداف، خروجی‌ها) به لبه‌های چپ و بالا نزدیکتر باشد، نشان دهنده کارایی بالای

15. Confusion matrices

13. Epoch

14. Receiver operating characteristic

Table 3 All Confusion Matrix

Output Class	1	23	0	1	0	95.8 %	
		24.0%	0.0%	1.0 %	0.0%	4.2 %	
	2	1	24	2	0	88.9 %	
		1.0%	25.0 %	2.1 %	0.0%	11.1 %	
	3	0	0	21	1	95.5 %	
		0.0%	0.0%	21.9 %	1.0 %	4.5 %	
	4	0	0	0	23	100 %	
		0.0%	0.0%	0.0%	24.0 %	0.0 %	
			95.8%	100 %	87.5 %	95.8 %	94.8%
			4.2%	0.0 %	12.5 %	4.2 %	5.2%
		1	2	3	4		
		Target Class					

factories in Mazandaran province. Milk Festival North of country.

- [2] Najafi, H., & Moatamedzadegan, A. (2010). Process Optimization of Ricotta Cheese According to Iranian Preferences. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3, 237-240.
- [3] Fernandes, M.d.S., Fujimoto, G., Schneid, I., Kabuki, D.Y., Kuaye, A.Y. (2014). Enterotoxigenic Profile, Antimicrobial Susceptibility And Biofilm Formation Of *Bacillus Cereus* Isolated From Ricotta Processing, *International Dairy Journal*.
- [4] Azizpour, M., Mohebbi, M., & Khodaparast, M. H. H. (2016). Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 122-126.
- [5] Lobo, F. A., Nascimento, M. A., Domingues, J. R., Falcão, D. Q., Hernanz, D., Heredia, F. J., & de Lima Araujo, K. G. (2017). Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. *Food chemistry*, 221, 258-266.
- [6] Banakar, A., & Akandi, S. K. (2012). Genetic algorithm optimizing approach in rosa petals hot air dryer. *International Journal of Agricultural and Food Science*, 2(3), 60-65.
- [7] Tripathy, P. P., & Kumar, S. (2009). Neural network approach for food temperature prediction during solar drying. *International journal of thermal sciences*, 48(7), 1452-1459.

#### ۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج آنالیز واریانس اثر فرمولاسیون بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار شد. از شبکه عصبی مصنوعی با مدل پرسپترون چند لایه استفاده شد. در این مدل‌سازی از فرآیند شناسایی الگو استفاده شد که با الگوریتم یادگیری ماشین انجام گرفت. برای افزایش دقت مدل برای پیش‌بینی داده‌ها از تعداد متفاوت نرون برای لایه پنهان استفاده شد. در آخر مدل با ۱۰ نرون در لایه پنهان با دقت ۹۴/۸ درصد توانست به خوبی داده‌ها را بر اساس ۴ کلاس تعیین شده پیش‌بینی کند. در این مدل ۴ فرمولاسیون به عنوان متغیرهای ورودی در نظر گرفته شد و دانسیته کف، دانسیته پودر، هیگروسکوپی، فعالیت آبی، جذب آب و جذب روغن به عنوان داده‌های خروجی در نظر گرفته شدند. خطای شبکه برای پیش‌بینی داده‌ها حدود ۵/۲ درصد است که قابل چشم پوشی می‌باشد.

#### ۵- سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای مجتبی جوزی‌زاده جهت همکاری و راهنمایی‌های فراوانشان در امر تحلیل شبکه عصبی مصنوعی کمال تشکر را دارم.

#### ۶- منابع

- [1] Moatamedzadegan, A., & Ghodrathighorghi, H. (2005). Investigation of dairy wastewater status and energy consumption in dairy



- powder during storage. *Journal of dairy science*, 98(12), 8391-8404.
- [18] Da Silva, D. F., Ahrne, L., Larsen, F. H., Hougaard, A. B., & Ipsen, R. (2018). Physical and functional properties of cheese powders affected by sweet whey powder addition before or after spray drying. *Powder Technology*, 323, 139-148.
- [19] Sathivel, S., Bechtel, P. J., Babbitt, J. K., Prinyawiwatkul, W., & Patterson, M. (2005). Functional, nutritional, and rheological properties of protein powders from arrowtooth flounder and their application in mayonnaise. *Journal of Food Science*, 70(2), E57-E63.
- [20] Shahidi, F., & Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation: measurement methods. *Bailey's industrial oil and fat products*.
- [21] Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43.
- [22] Németh, P., Ladinig, T. B., & Ferenczi, B. (2016). Use of Artificial Neural Networks in the Production Control of Small Batch Production. In *Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI)* (p. 237). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp).
- [23] Altunok, E., Taha, M. M. R., Epp, D. S., Mayes, R. L., & Baca, T. J. (2006). Damage pattern recognition for structural health monitoring using fuzzy similarity prescription. *Computer - Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 21(8), 549-560.
- [24] Khashei, M., Bijari, M., & Mokhatab Rafiei, F. (2014). Variable selection in multilayer perceptron neural networks for prediction using self-organizing scripts (SOM). *Computational Methods in Engineering*, 33(1), 125-139.
- [25] Martínez-Padilla, L. P., García-Rivera, J. L., Romero-Arreola, V., & Casas-Alencáster, N. B. (2015). Effects of xanthan gum rheology on the foaming properties of whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 156, 22-30.
- [26] Rahmani, S. (2018). Evaluation the effect of milk /whey ratio and drying temperature on
- [8] Ata, R. (2015). RETRACTED: Artificial neural networks applications in wind energy systems: a review.
- [9] Raharitsifa, N., & Ratti, C. (2010). Foam - mat freeze - drying of apple juice part 1: Experimental data and ANN simulations. *Journal of Food Process Engineering*, 33, 268-283.
- [10] Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer Science+ Business Media.
- [11] Vásquez, N., Magán, C., Oblitas, J., Chuquizuta, T., Avila-George, H., & Castro, W. (2018). Comparison between artificial neural network and partial least squares regression models for hardness modeling during the ripening process of Swiss-type cheese using spectral profiles. *Journal of Food Engineering*, 219, 8-15.
- [12] Khawas, P., Dash, K. K., Das, A. J., & Deka, S. C. (2016). Modeling and optimization of the process parameters in vacuum drying of culinary banana (*Musa ABB*) slices by application of artificial neural network and genetic algorithm. *Drying Technology*, 34(4), 491-503.
- [13] Fadaie M, Hosseini Ghaboos S H, Beheshti B. Characterization of Dried Persimmon using Infrared Dryer and Process Modeling using Genetic Algorithm-Artificial Neural Network Method. *FSCT*. 2020; 17 (100) :189-200.
- [14] Salehi, F., Abasi Shahkooch, Z., & Goodarzi, M. (2015). Characteristics of dried persimmon using infrared dryer and process modeling by genetic algorithm-artificial neural network method. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 7(1), 65-76.
- [15] Moatamedzadegan, A., & Habibi, M. (2001). Optimization of Ricotta cheese processing according to Iranian taste. *Journal of Technology and Agricultural Sciences*, 3, 237-240.
- [16] Azizpour, M., Mohebbi, M., Yolmeh, M., Abbasi, E., & Sangatash, M. M. (2017). Effects of different hydrocolloids on foaming properties of shrimp puree: a cluster analysis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1892-1898.
- [17] Erbay, Z., & Koca, N. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese

- [31] O'Sullivan, J. J., Schmidmeier, C., Drapala, K. P., O'Mahony, J. A., & Kelly, A. L. (2017). Monitoring of pilot-scale induction processes for dairy powders using inline and offline approaches. *Journal of Food Engineering*, 197, 9-16.
- [32] Schuck, P. (2011). Milk powder: physical and functional properties of milk powders.
- [33] Thankitsunthorn, S., Thawornphiphatdit, C., Laohaprasit, N., & Srzednicki, G. (2009). Effects of drying temperature on quality of dried Indian Gooseberry powder. *International food research journal*, 16(3), 355-361.
- [34] Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: principles and practice*. Elsevier.
- [35] Basha, S. M., & Rajput, D. S. (2018). Fitting a Neural Network Classification Model in MATLAB and R for Tweeter Data set. In *Proceedings of International Conference on Recent Advancement on Computer and Communication* (pp. 11-18). Springer, Singapore.
- physicochemical and sensory characteristics of dried ricotta cheese by using foam mat drying. Master thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources. Sari. Iran. 76.
- [27] Kockel, T. K., Allen, S., Hennigs, C., & Langrish, T. A. G. (2002). An experimental study of the equilibrium for skim milk powder at elevated temperatures. *Journal of Food Engineering*, 51(4), 291-297.
- [28] Kaur, M., & Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food chemistry*, 91(3), 403-411.
- [29] Adebawale, K. O., & Lawal, O. S. (2004). Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. *Food Research International*, 37(4), 355-365.
- [30] Jangam, S. V., & Mujumdar, A. S. (2010). Basic concepts and definitions. *Drying of foods, vegetables and fruits*, 1, 1-30.



## Foam Mat Drying of Ricotta Cheese and Predicting its Characteristics with Artificial Neural Network Model

Bagheri, Z. <sup>1</sup>, Motamedzadegan, A. <sup>2\*</sup>, Khanbabaie, R. <sup>3</sup>, Farhadi, A. <sup>4</sup>

1. Master student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Assistant Professor, Department of Physics, Babol Noushirovani University of Technology, Babol, Iran
4. Associate Professor, Department of Animal Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2020/12/08  
Accepted 2021/02/20

#### Keywords:

Artificial Neural Network ,  
Foam Mat Drying ,  
Modeling,  
Pattern Recognition,  
Ricotta

**DOI:** 10.29252/fsct.18.06.20

\*Corresponding Author E-Mail:  
amotgan@yahoo.com

### ABSTRACT

Artificial neural networks are a set of nonlinear equations that have the ability to adapt to establish complex nonlinear relationships between input and output variables. Artificial neural network modeling was used to predict the production of Ricotta cheese powder with the desired quality. In this study, a 4-class artificial neural network with a multilayer perceptron model was used to predict foam and Ricotta cheese powder data prepared by foam mat drying. This modeling was performed by pattern recognition method and using machine learning algorithm. Pattern recognition is the ability to recognize the order of properties or data that gives information about a system or data set. The model used for this study had 10 neurons in the hidden layer. 4 different ratios of milk and whey (treatments) were considered as input and foam density, powder density, hygroscopy, water activity, water absorption and oil absorption as model outputs. In this model, 70% of the data were used for training, 15% for testing and 15% of the data for validation. The best validation performance occurred in the 20th period. The final results showed that the model used was able to accurately predict the data related to each class with 94.8% accuracy.