



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

زهرا باقری^۱، علی معتمدزادگان^{۲*}، رضا خان‌بابائی^۳، ایوب فرهادی^۴

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

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۰۲

کلمات کلیدی:

خشک کردن کف‌پوشی،

ریکوتا،

شبکه عصبی مصنوعی،

شناسایی الگو،

مدل‌سازی.

DOI: 10.29252/fsct.18.06.20

* مسئول مکاتبات:

amotgan@yahoo.com

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 کف‌پوشی 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 آب‌پنیر (تیمارها) به عنوان ورودی و دانسیته کف، دانسیته پودر، هیگروسکوپی، 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.

۱- مقدمه

ريكوتا نوعي پني رنجاري ايتاليائي است كه از طريق انعقاد حرارتي آب پني تهيه مي شود. پني ريكوتا از تركيبات قابل انعقاد (اساساً آلومين) آب پني به دست آمده و فرآيند ساخت آن مشابه پنيهاي موزارلا، چدار، سوئيس و پروولون مي باشد. از ويژگي هاي مهم اين پني، نرمي بافت و رطوبت زياد مي باشد [۱]. پني ريكوتا يك پني خامه اي نرم است كه به طور معمول از آب پني شيرين، مخلوط آب پني و شير كامل، شير پس چرخ و يا پودر شير پس چرخ در نسبت هاي مختلف تهيه مي شود [۲]. پني ريكوتا رطوبت بالا و pH اوليه بالاتر از ۶ دارد و به علت خواص تغذيه اي، فيزيكي، شيميايي و بيوشيميايي آن، محيط مناسبی برای تكثير ميكروارگانيسم ها مي باشد [۳]. خشك كردن يكي از قديمي ترين و متداول ترين روش هاي فراوري و نگهداري مواد غذايي مي باشد. اخيرا خشك كردن كفپوشي به عنوان يك روش موثر مورد توجه زيادي قرار گرفته است زيرا مشكلات روش هاي خشك كردن سنتي، از جمله جذب آب ضعيف، مشخصات حسي نامطلوب و زمان خشك شدن طولاني وجود ندارد [۴]. خشك كردن كفپوشي معمولاً تحت شرايط خفيف درجه حرارت باعث خسارت و يا تغييرات جزئي در كيفيت مي شود [۵]. براي ايجاد ارتباط بين خواص فيزيكي و ساختار غذاهاي خشك شده، مانند مدل هاي مبتني بر ساختارهاي نظري، تحليل رگرسيون يا تجزيه و تحليل جزء اصلي، روش هاي متعددي وجود دارد. بسته به نوع محصول، رطوبت، نوع خشك شدن و شرايط خشك شدن، خواص مواد غذايي خشك شده متفاوت است. بنابراين، مدل سازي خشك كردن مهم ترين عامل براي بهينه سازي عملکرد پارامترها و بهبود عملکرد سيستم خشك كردن است [۶]. امروزه محققان در مورد پتانسيل شبكه هاي عصبي مصنوعي (ANN)^۱، سيستم تلفيقي عصبي-فازي (ANFIS)^۲، الگوريتم ژنتيكي (GA)^۳ و منطق فازی (FL)^۴ اميد

فراواني دارند. اين روش ها مي توانند به عنوان جايگزيني مناسب براي مدل هاي مرسوم مانند آناليز رگرسيون چندگانه و روش سطح پاسخ استفاده شوند. روش مبتني بر هوش مصنوعي توسعه يافته است و به طور گسترده براي شبكه سازي خشك كردن مواد غذايي و محصولات كشاورزي استفاده مي شود [۷]. شبكه ي عصبي به عنوان يكي از اين رويكردهاي ماشيني از چند ويژگي مناسب برخوردار است كه از آنها مي توان به مدل سازي مسائل چندبعدي با دقت مناسب، سرعت عمل بالا و ارائه نتايج قابل قبول حتي با وجود داده هايي با انحراف (نويز) زياد اشاره نمود [۸]. شبكه هاي عصبي مصنوعي مجموعه اي از معادلات غيرخطي هستند كه از يك مدل ساده عملكرد مغز انسان الهام گرفته شده است. اين مدل توانايي براي خود سازگاري دارد تا ارتباطات غيرخطي پيچيده بين متغيرهاي ورودی و خروجی را برقرار كند [۹]. فرايند شناسايي الگو^۵ با استفاده از الگوريتم يادگيري ماشين^۶ انجام مي شود. شناسايي الگو را مي توان، طبقه بندي داده ها براساس اطلاعات قبل يا اطلاعات آماری به دست آمده از الگوها و يا بازنمايي آنها تعريف كرد. شناسايي الگو، توانايي تشخيص ترتيب خصوصيات يا داده هايي است كه اطلاعات مربوط به سيستم يا مجموعه داده ها را مي دهد [۱۰]. بررسي خصوصيات فيزيكي پودر پني تهيه شده به روش خشك كردن كفپوشي، يكي از روش هاي بررسي فرآيند توليد پودر پني ريكوتا براي يافتن پودري با خصوصيات مطلوب مي باشد. واسكز و همكاران (۲۰۱۸) مدت زمان فرايند رسيدن پني سوئيسي را از نظر سختي مدل سازي كردند. در اين فرآيند شبكه عصبي مصنوعي و مدل هاي رگرسيون مربعات جزئي را مورد مقايسه قرار دادند، كه نتايج مدل سازي عملكرد بهتر شبكه عصبي مصنوعي را در پيشگويي نشان داد [۱۱]. خاواس و همكاران در سال ۲۰۱۶ پارامترهاي مختلف خشك كردن تحت خلاء برش هاي موز را با استفاده از شبكه عصبي مصنوعي و الگوريتم ژنتيك بررسي كردند. در اين مطالعه تاثير درجه حرارت خشك كردن، 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، اُروم 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 خرمالو 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 خرمالو 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 اجتناب ناپذیر 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^{۱۰} پودر

۱ گرم نمونه پودر همراه با محلول اشباع سدیم كلريد در دسيكاتور قرار داده شد. نمونه ها پس از ۷-۱۰ روز به بالانس رطوبتي با محيط اطراف خود رسيد، مجدداً توزين انجام شد [۲۱].

۲-۵-۵- فعاليت آبي

مقادير فعاليت آبي نمونه هاي پودري با استفاده از دستگاه سنجش فعاليت آبي^{۱۱} اندازه گيري شد. براي اين كار ۲ گرم نمونه در فنجان دستگاه گذاشته سپس با شروع برنامه به صورت خودكار اندازه گيري انجام شد. دماي نمونه در $24/5 \pm 0/5^{\circ}\text{C}$ حفظ شد [۴].

۲-۶- آناليز آماری

پژوهش حاضر به صورت يك آزمائش فاكٲوريل در قالب طرح كاملاً تصادفي اجرا شد. تجزيه و تحليل واريانس (ANOVA) براي بررسي تاثير سطوح مختلف نسبت شير و آب پنير (۴ سطح) بر صفات مختلف كف و پودر پنير ريكونا با استفاده از رويه مدل خطي تعميم يافته (GLM)^{۱۲} در نرم افزار آماری SAS ويرايش ۹/۱ انجام شد. براي مقايسه ميانگين تيماهاي مختلف از آزمون چند دامنه اي دانكن استفاده شد.

۲-۷- طبقه بندي به كمك شبكه عصبي مصنوعي

شبكه عصبي شامل يك گروه متصل از نورون هاي مصنوعي است و اطلاعات را با استفاده از يك رويكرد اتصال به محاسبات، پردازش مي كند. ANN يك سيستم تطبيقي است كه ساختار آن براساس اطلاعاتي كه از طريق شبكه در طول مرحله يادگيري به آن داده مي شود، شكل مي گيرد. با داشتن اطلاعات كافي، ANN قادر به يادگيري ارتباط بين داده هاي ورودی و خروجی است. همزمان با مرحله يادگيري، فاز آزمائشي اتفاق مي افتد كه در آن شبكه خود را با بخش ديگري از داده ها، آزمائش مي كند [۲۲]. طبقه بندي فرايند خشك كردن كف پوشي پنير ريكونا جهت پيشگويي دانسيته كف، دانسيته پودر، جذب آب، جذب روغن،

گوشت كوب برقي همورنيزه شد سپس به مدت ۵ دقيقه با همزن برقي، همزده شد تا كف مناسبی به دست آمد. سپس نمونه هاي كف با ضخامت ۵ ميلي متر در ۶ دما (50°C ، 55°C ، 60°C ، 70°C ، 75°C) خشك شدند.

۲-۴- اندازه گيري خصوصيات كف

۲-۴-۱- دانسيته كف

جهت تعيين دانسيته كف، مقداری از كف بلافاصله پس از تهيه و با دقت (بدون تخریب ساختار) به درون استوانه مدرج با حجم ۵۰ ميلي ليتر ريخته شد و جرم ۵۰ ميلي ليتر كف اندازه گيري شد. سپس دانسيته كف از رابطه زیر محاسبه گرديد [۱۶].

$$\text{دانسيته كف} = \frac{\text{جرم كف (g)}}{\text{حجم كف (cm}^3\text{)}}$$

۲-۵- اندازه گيري خصوصيات پودر

۲-۵-۱- دانسيته پودر

برای محاسبه دانسيته توده اي، پودر پنير را در استوانه مدرج تا ۱۰۰ ميلي ليتر ريخته و سپس توزين انجام شد [۱۷].

۲-۵-۲- جذب آب^۸ پودر

روش واشبرن^۹ اصلاح شده برای اندازه گيري رطوبت پودر پنير استفاده شد. برای اين كار ۱ گرم پودر درون يك لوله پلاستيكي بدون كف ريخته شد ($d=15\text{ mm}$). از كاغذ فيلتر ($d=125$) برای نگه داشتن پودر استفاده شد و لوله، بالای سطح آب مقرر ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ثابت شد. بعد از ۱۰ دقيقه، جرم آب جذب شده اضافی با استفاده از توزين اندازه گيري شد [۱۸].

۲-۵-۳- جذب روغن پودر

۰/۵ گرم از نمونه پودر را درون لوله آزمائش ريخته و به آن ۱۰ ميلي ليتر روغن اضافه شد [۱۹]. بعد از ۳۰ دقيقه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، به مدت ۲۵ دقيقه 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

هیگروسکوپ 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، هیگروسکوپ، 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، هیگروسکوپ، 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 هیگروسکوپ، بیشترین میانگین هیگروسکوپ 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، هیگروسکوپ 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]. β -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

جلوگيري از واكنش هاي نامطلوب در ماده غذايي مي باشد [30]. قابليت خيس شدگي توانايي پودر براي جذب آب در سطح ذرات است كه عمدتاً از ذرات بزرگ با تخلخل بيشتر و همچنين پودرهائي كه مقدار لاکتوز بالايي دارند منشا مي گيرند همچنين افزايش اندازه ذرات باعث افزايش جذب آب مي شود [31]. اگرچه قابليت خيس شوندي پودرها تحت تأثير ساختار و خصوصيات سطح ذرات پودر مي باشد، بر اين اساس، اندازه بزرگتر و چربي آزاد كمتر باعث خيس شدن و پراكندي بيشتر ذرات مي شوند. [32]. نتايج آناليز واريانس داده هاي مربوط به تأثير فرمولاسيون بر جذب آب پودر نشان داد كه به طور كلي قابليت جذب آب پنير تهيه شده از شير بيشتر از پنير تهيه شده از آب پنير مي باشد. اين مسئله مربوط به لاکتوز موجود در آب پنير مي باشد كه منجر به كاهش جذب آب در پودر پنير مي شود [17 و 26].

مقادير فعاليت آبي پودر هاي پنير ريكتوتا در جدول 2 ارائه شده است. همانطور كه مشاهده مي شود ميانگين مقادير فعاليت آبي

كمتر از 0/23 مي باشد. به نظر مي رسد، ساختار متخلخل كف و خروج قسمت اعظم آب آزاد موجود در آن، طي فرايند خشك كردن و همچنين حضور صمغ با خاصيت هيدروفيلي بالا از دلايل اصلي پايين بودن ميزان فعاليت آبي پودرها مي باشند. از آنجا كه اغلب واكنش هاي شيميايي، ميكروبي و آنزيمي در فعاليت آبي كمتر از 0/6 متوقف و از رشد اكثر كپك ها، مخمرها و باكتري ها به ترتيب در فعاليت هاي آبي پايين تر از 0/7 و كمتر از 0/8 و 0/9 جلوگيري خواهد شد. در صورت كنترل a_w با دما، pH، اكسيژن و دي اكسيد كرين يا نگهداري، و عدم جذب رطوبت پودر هاي تهيه شده به روش خشك كردن كف پوشي مي توانند تأثيري چشمگير در جلوگيري از رشد ميكروبي داشته باشند و ماندگاري محصول را افزايش دهند. از طرفي، ظرفيت نگهداري آب پروتين ها به دليل دناتوره شدن كاهش مي يابد، كه به نوبه خود مي تواند فعاليت آبي پودرها را كاهش دهد [33 و 34].

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 ^b	0.972 ^{ab}	0.083 ^c	0.117 ^b	0.577 ^b	0.222 ^a
2	0.435 ^a	0.643 ^c	0.081 ^c	0.098 ^b	0.62 ^{ab}	0.187 ^c
3	0.439 ^a	0.659 ^{bc}	0.094 ^b	0.142 ^a	0.66 ^a	0.193 ^{bc}
4	0.404 ^b	0.69 ^a	0.133 ^a	0.113 ^b	0.615 ^{ab}	0.198 ^b

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

2-3- نتايج طبقه بندي شبكه عصبي مصنوعي

براي ارائه مدلي دقيق ابتدا بايد متغيرهاي تأثيرگذار بر فرمولاسيون را شناسايي كرد، سپس از آنها جهت طراحي مدل استفاده كرد.

براي شناسايي متغيرهاي اثرگذار در بهينه يابي فرايند توليد، آناليز واريانس داده ها با نرم افزار SAS انجام شد و داده هايي كه بر متغير ورودی يعني فرمولاسيون تأثير معنی داری داشتند، به عنوان

طبقه‌بندی است. (شکل ۲) ماتریس^{۱۵} 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).

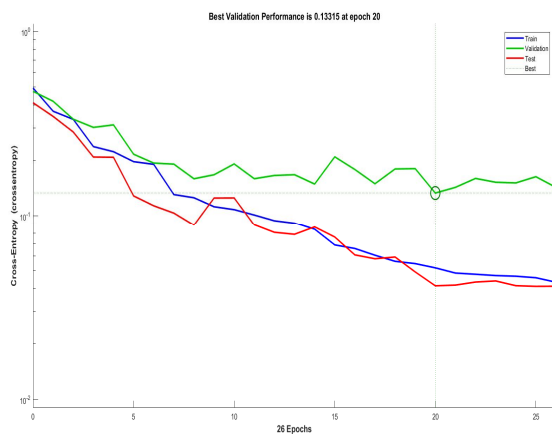


Fig 1 Best validation performance

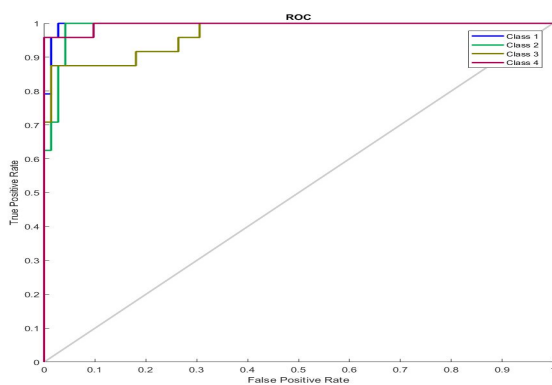


Fig 2 Receiver operating characteristic in ANN

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 داده‌های 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^{۱۳} برای نشان دادن تعداد دفعاتی که شبکه از داده‌ها برای آموزش و تست استفاده کرده، به کار می‌رود [۳۵]. (نمودار) هرچه منحنی ROC^{۱۴} (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	Target Class				
	1	2	3	4	
1	23 24.0%	0 0.0%	1 1.0 %	0 0.0%	95.8 % 4.2 %
2	1 1.0%	24 25.0 %	2 2.1 %	0 0.0%	88.9 % 11.1 %
3	0 0.0%	0 0.0%	21 21.9 %	1 1.0 %	95.5 % 4.5 %
4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	23 24.0 %	100 % 0.0 %
	95.8%	100 %	87.5 %	95.8 %	94.8%
	4.2%	0.0 %	12.5 %	4.2 %	5.2%

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، هیگروسکوپ، 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 چشم‌پوشی 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., & Ghodrathighoroghi, 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., & Mokhtab 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. ¹, Motamedzadegan, A. ^{2*}, Khanbabaie, R. ³, Farhadi, A. ⁴

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 Noshirvani 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.