



تاثیر پیش تیمار فراصوت و آنزیم بری بر روی کیفیت فیزیکی و ترمودینامیکی هویج سرخ شده تحت شرایط عمیق و مدل سازی چروکیدگی به کمک شبکه عصبی مصنوعی

نادیا سیمین تن^۱، نارملا آصفی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد یار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۱۷۰

کلمات کلیدی:

هویج،

پیش تیمار فراصوت،

پیش تیمار آنزیم بری،

مدل سازی شبکه عصبی

DOI: 10.52547/fsct.18.02.05

* مسئول مکاتبات:

n.asefi@iaut.ac.ir

سرخ کردن عمیق یک روش رایج در آماده سازی سریع ماده غذایی با ویژگی های حسی مطلوب می باشد. میزان جذب روغن، تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند شرایط فرایند (دما و زمان)، پیش تیمارها، ویژگی های فیزیکوشیمیایی ماده غذایی، منشاء روغن، ترکیب شیمیایی روغن و موارد دیگر می باشد. هدف از این پژوهش بررسی پیش تیمار فراصوت و آنزیم بری بر روی کیفیت فیزیکی و ترمودینامیکی هویج سرخ شده تحت شرایط عمیق می باشد. در این پژوهش رطوبت، محتوای روغن، دانسیته ظاهری، ضریب انتشار موثر رطوبت مورد بررسی قرار گرفت و میزان چروکیدگی توسط شبکه عصبی نیز مدل سازی شد. نتایج نشان داد که استفاده از پیش تیمارهای تلفیقی فراصوت و آنزیم بری باعث کاهش چروکیدگی، کاهش جذب روغن، افزایش دانسیته ظاهری در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد و افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد می باشد. همچنین مدل سازی چروکیدگی با شبکه عصبی نیز نشان دهنده همبستگی و همپوشانی بسیار خوب مقادیر پیش بینی شده توسط شبکه در مقابل مقادیر واقعی است.

۱- مقدمه

هویج یکی از سبزیجات متعلق به گروه *apiaceae* است که با نام علمی *Daucus carrot L* رده بندی می شود [۱]. ریشه این سبزی حاوی مواد معدنی مختلف نظیر آهن، مس، منیزیم، فسفر و ... و ویتامین هایی نظیر گروه B و C می باشد [۲]. هویج دارای مقادیر بالای بتاکاروتن به عنوان پیش ساز ویتامین A است، به طوری که مصرف روزانه ۱۰۰ گرم از این سبزی، ۱۷٪ از کل ویتامین A مورد نیاز بدن را تامین می کند [۳]. بنابراین موارد مذکور به همراه طعم مطبوع باعث مصرف هویج در تهیه انواع غذاها شده است. سرخ کردن یکی از قدیمی ترین و معمول ترین واحدهای عملیاتی و یک فرآیند آبدیاری از مواد غذایی است که در آن خروج آب همراه با تغییر حالت صورت می گیرد و در مقابل روغن توسط ماده غذایی جذب می شود [۴]. سرخ کردن ماده غذایی در روغن یا چربی با دمای بالای نقطه جوش آب، معمولاً ۱۵۰-۲۰۰ درجه سانتی گراد می باشد که منجر به ویژگی های مطلوب حسی از لحاظ رنگ، بافت و عطر و طعم در ماده غذایی می شود [۵]. فرآیند سرخ کردن یک فرآیند انتقال همزمان جرم و حرارت می باشد [۶]، که در آن، گرما به وسیله همرفت از روغن به سطح ماده غذایی و به طریق هدایت از سطح به داخل ماده غذایی منتقل می شود و به دنبال آن رطوبت نیز از ماده غذایی تبخیر شده و روغن وارد محصول می شود [۷]. در سال های اخیر روش های متعددی برای کاهش جذب روغن در مواد غذایی سرخ شده پیشنهاد شده است که از جمله این فرآیندهای مکمل می توان به استفاده از پیش تیمارهایی مانند خشک کردن مقدماتی [۸]، استفاده از پوشش های خوراکی [۹]، آبدیاری اسمزی [۱۰]، مایکروویو، امواج فراصوت و آنزیم بری قبل از فرآیند سرخ کردن اشاره کرد [۱۱]. آنزیم بری به عنوان یک پیش فرایند یکی از مراحل مهم در فرایند صنعتی تولید فرنج فرايزر و چپیس سبب زمینی است. طی فرایند آنزیم بری، نشاسته نیز ژلاتینه شده و جذب روغن را محدود می کند که با بهبود بافت و یکنواختی رنگ محصول همراه است [۱۲]. استفاده از امواج فراصوت در فرآیندهای مختلف به منظور بهبود کیفیت مواد

غذایی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. این امواج هنگام عبور از یک محیط مفروض، سبب انبساط و انقباض های متوالی شده و پدیده حفره زایی به وقوع می پیوندد [۱۳]. امواج فراصوت سبب افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت می شود و دلیل آن را به کانال های ریز ایجاد شده در داخل ماده غذایی نسبت دادند که باعث تسهیل دفع رطوبت می شود [۱۴]. محمدعلی نژاد و همکاران (۱۳۹۶) تاثیر فرکانس های تلفیقی و ترکیب های زمانی متفاوت امواج فراصوت روی دفع رطوبت طی سرخ کردن قطعات سیب زمینی را بررسی و بیان کردند استفاده از پیش تیمار امواج فراصوت با فرکانس های مجزا و تلفیقی سبب افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت شد [۱۵]. آکادینز و همکاران [۱۶] از پیش تیمارهای مختلف سرخ کردن مانند افزودن هیدروکسیل پروپیل متیل سلولز، صمغ گوار و صمغ گزانتان و ترکیب گوار-گزانتان به عنوان پوشش در سرخ کردن هویج استفاده کردند نتایج آنها نشان دهنده کاهش جذب روغن به میزان ۶۰ درصد و کنترل از دست دادن رطوبت نمونه ها بود. در پژوهشی دیگر رزاق پور و همکاران (۱۳۹۲) تاثیر پیش تیمار با فراصوت و آنزیم بری روی جذب روغن سیب زمینی طی سرخ کردن عمیق را بررسی کردند و نتایج آن بیان کننده کاهش جذب روغن، در دماهای سرخ کردن ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی گراد تحت شرایط تلفیق پیش تیمار فراصوت تحت فرکانس ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۲۰ دقیقه با پیش تیمار آنزیم بری بود [۱۷]. در پژوهش توران و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تغییرات کیفی ایجاد شده در هویج سرخ شده تحت پیش تیمار فراصوت نتایج نشان دهنده عدم تغییرات بافتی، کاهش جذب روغن و افزایش شفافیت خلال های هویج بود [۱۸]. شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) ابزار هایی مهم در میان مباحث هوش محاسباتی به حساب می آیند. انواع مختلفی از شبکه های عصبی مصنوعی معرفی شده اند که عمدتاً در کاربردهایی همچون طبقه بندی، خوشه بندی، مدل سازی، تخمین و بهینه سازی مورد استفاده قرار می گیرند [۱۹]. مدل های شبکه عصبی بر خلاف مدل های ریاضی، بدون نیاز به استخراج رابطه بین پارامترها، قادر به

ساخت کشور ایران، مجهز به سیستم تنظیم فرکانس و زمان فرآیند، برای اعمال آنزیم بری از بن ماری (behdad) ساخت کشور ایران) استفاده شد.

۲-۳- آماده سازی نمونه‌ها

برای تهیه نمونه‌ها، هویج‌ها پس از شستشو و پوست‌گیری، با استفاده از یک کاتر دستی به خلال‌های باریک با ضخامت ۰/۲ سانتی‌متر و طول ۴ سانتی‌متر، برش داده شدند. در مرحله بعد نمونه‌های پیش تیمار شده مطابق جدول ۱ تهیه شدند.

۲-۴- سرخ کردن نمونه‌ها

سرخ کردن هویج‌ها در سه دمای ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها (مطابق جدول ۱)، دستگاه سرخ‌کن با ۱/۵ لیتر روغن پر شده و دما برای هر سرخ‌کن تنظیم گردید. با رسیدن دمای روغن به دمای موردنظر، ۱۲۰-۱۰۰ گرم نمونه در داخل سبد مشبک سرخ‌کن قرار داده شده و پس از رسیدن به رنگ مورد نظر نمونه‌ها از سرخ‌کن بیرون آورده شدند. محدوده زمان سرخ کردن نمونه‌ها با توجه به پیش تیمارها بین ۰/۵ تا ۱ دقیقه متغیر بود. سپس، روغن سطحی نمونه‌ها با کاغذ جاذب گرفته شده و جهت انجام آزمایش‌های مربوطه آماده گردیدند. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند.

۲-۵- محتوای رطوبت

محتوای رطوبت با خشک کردن نمونه‌ها در آون کنوکسیون با دمای 105 ± 1 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد [۲۲] و بر حسب گرم آب بر گرم ماده خشک بدون روغن گزارش گردید.

۲-۶- محتوای روغن

سنجش میزان روغن نمونه‌های سرخ شده به وسیله استخراج در دستگاه سوکسله با حلال پترولیوم اتر [۲۳] صورت گرفته و نتایج بر حسب گرم روغن بر گرم ماده خشک بدون روغن گزارش شد.

شناسایی رابطه بین آنها می‌باشد و از این نظر ابزار بسیار قدرتمندی در مدل سازی محسوب می‌گردند. در این روش، رابطه بین پارامترها در مرحله آموزش به شبکه معرفی می‌گردد و در مرحله بعد، شبیه مغز انسان عمل کرده و در صورت انجام یک آموزش مناسب، شبکه عصبی قادر خواهد بود پیش بینی فرآیند را انجام دهد و مشکلات مربوط به استخراج رابطه بین پارامترها از بین می‌رود. بنابراین مدل‌های شبکه عصبی در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرند که رابطه بین پارامترها ناشناخته و یا بسیار پیچیده است [۲۰]. متداول ترین شبکه‌های عصبی، نوع پرسپترون چند لایه (MLP) پس انتشار خطا می‌باشد و از سه نوع لایه (لایه ورودی، لایه مخفی یا میانی و لایه خروجی) تشکیل می‌شود [۲۱]. از این رو بررسی ویژگی‌های فیزیکی و ترمودینامیکی در طی فرآیند سرخ کردن عمیق هویج پیش تیمار شده با فراصوت و آنزیم بری و مدل سازی چروکیدگی با کمک شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند گام موثری بر بهبود، بهینه سازی و پیش بینی شرایط فرآیند سرخ کردن هویج باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد خام مورد استفاده در این تحقیق، هویج و روغن مایع بود. هویج (رقم فورتوریال) از بازار محلی خریداری و قبل از انجام آزمایشات در سردخانه بالای صفر نگهداری شد. روغن مورد استفاده در این مطالعه، روغن مایع مخصوص سرخ کردنی (اولیلا)، مخلوطی از روغن‌های آفتابگردان، سویا و پنبه دانه بود.

۲-۲- تجهیزات

سرخ کن مورد استفاده در این تحقیق، سرخ کن خانگی (Nasa electric، مدل NS305، با ظرفیت ۱/۵ لیتر روغن، ساخت کشور آلمان مجهز به سیستم تنظیم دما از ۱۵۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، دارای محفظه ضد زنگ و سبد جدا شونده)، آون کنوکسیون (behdad، ۱۲۰ لیتری، ساخت کشور ایران، هوشمند و مجهز به فن سیرکولاسیون هوا)، حمام فراصوت (behdad).

Table 1 oil content in fried carrot (g/g dried solid) under different pre-treatments

Treatment ° C	Frying temperature ° C	Blanching time min	Blanching temperature ° C	Ultrasound Time min	Ultrasonic frequency kHz
Blank 160	160	-	-	-	-
Blank 170	170	-	-	-	-
Blank 180	180	-	-	-	-
Anz+Fas 160	160	6	80	60	48
Anz+Fas 170	170	6	80	60	48
Anz+Fas 180	180	6	80	60	48
Anz 160	160	6	80	-	-
Anz 170	170	6	80	-	-
Anz 180	180	6	80	-	-
Fas 160	160	-	-	60	48
Fas 170	170	-	-	60	48
Fas 180	180	-	-	60	48

Blank: sample without pretreatment

Fas: sample+ ultrasound pretreatment

Anz: sample+ blanching pretreatment

Anz+Fas: sample+ blanching and ultrasound pretreatment

۲-۷-چروکیدگی

برای به دست آوردن چروکیدگی، ابتدا حجم اولیه نمونه‌ها قبل از سرخ کردن و حجم نمونه‌ها بعد از سرخ کردن با استفاده از تولوئن توسط پیکنومتر اندازه‌گیری شد و سپس از نسبت اختلاف حجم اولیه و نمونه سرخ شده به حجم اولیه، میزان چروکیدگی به دست آمد [۲۴].

۲-۸-دانشیه ظاهری

بعد از محاسبه حجم ظاهری نمونه‌ها، از نسبت وزن به حجم نمونه سرخ شده، مقادیر دانشیه ظاهری به صورت گرم بر سانتی-متر مکعب محاسبه شد [۲۵].

۲-۹-ضریب نفوذ مؤثر رطوبت^۱

تأثیر دما بر ضریب انتشار مؤثر رطوبت با استفاده از رابطه آرنیوس (۱) قابل بررسی است [۲۶].

(۱)

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right)$$

در رابطه فوق (۱)، D_{eff} : ضریب انتشار مؤثر رطوبت در رابطه E_a (m²/s): انرژی فعال سازی (J/mol)، R : ثابت جهانی گازها (8.31441 J/mol K) و T : دما (K) می‌باشد.

۲-۱۰- مدل سازی چروکیدگی با شبکه عصبی

مصنوعی چند لایه

شبکه عصبی مصنوعی متشکل از مجموعه ای از نرون‌ها با ارتباطات داخلی بین یکدیگر می‌باشد که قادر است بر اساس اطلاعات و داده‌های ورودی، جواب‌های خروجی را تخمین بزند. شبکه‌های عصبی معمولاً به صورت لایه لایه و منظم ایجاد می‌گردند. اولین لایه که اطلاعات و داده‌های ورودی به آن وارد می‌گردد لایه ورودی نامیده می‌شود. لایه‌های میانجی‌های مخفی و آخرین لایه که جواب‌های خروجی از مدل را فراهم می‌نماید لایه خروجی نام دارد [۲۷]. ساده ترین و معمول ترین نوع شبکه عصبی که در بسیاری از علوم مهندسی از جمله تحقیق حاضر بکار گرفته شده است، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌باشد. چیدمان شبکه عصبی در شکل (۱) نشان داده شده است. برای بهینه سازی مدل‌ها ابتدا داده‌ها به سه زیر مجموعه تقسیم شدند: ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۱۵ درصد برای ارزیابی و ۱۵ درصد باقیمانده هم برای آزمایش شبکه در نظر گرفته شدند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مدل سازی شد.

1. Effective moisture diffusion coefficient (Deff)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان جذب روغن

با توجه به شکل ۲ با افزایش دما از ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد میزان جذب روغن افزایش می‌یابد و نمونه شاهد در هر ۳ دما بالاترین جذب روغن را دارا می‌باشد. این افزایش در جذب روغن را می‌توان به از دست دادن رطوبت بیشتر در دماهای بالا نسبت داد که در نهایت منجر به جذب روغن بیشتر به ماده غذایی می‌شود. استفاده از پیش‌ تیمار آنزیم‌بری باعث کاهش جذب روغن در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود به گونه ای که میزان جذب روغن در دمای ۱۸۰ درجه در نمونه شاهد ۱۹/۶۶ و در نمونه های پیش تیمار شده با آنزیم بری ۱۵/۶۶ می‌باشد زیرا با پیش‌ تیمار آنزیم‌بری، نشاسته سطحی ژلاتینه شده و این پدیده موجب کاهش جذب روغن در فرایند سرخ کردن می‌گردد [۲۸]. نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت نیز کاهش قابل توجهی در جذب روغن در مقایسه با نمونه شاهد داشتند که این امر را می‌توان به اثر امواج فراصوت در ایجاد انقباض و انبساط‌های متوالی و تشکیل کانال‌های میکروسکوپی در بافت نسبت داد که این امر خروج رطوبت از محصول را تسریع می‌کند، در نتیجه فشار بخار داخل بافت، هنگام سرخ شدن، زیاد شده و با ممانعت از ورود روغن ب داخل بافت باعث کاهش میزان روغن ساختاری می‌گردد [۲۹ و ۲۴]. مویانو و پدرسچی (۲۰۰۶) در بررسی میزان جذب روغن در قطعات سیب زمینی آنزیم‌بری شده طی سرخ کردن دریافتند نمونه‌های آنزیم‌بری و سپس خشک شده، یک لایه خارجی در طول سرخ شدن تشکیل می‌شود که مقاومت در مقابل جذب روغن را افزایش داده و در نتیجه جذب روغن کاهش می‌یابد [۱۱]. رزاق‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی تاثیر پیش‌ تیمار با فراصوت و آنزیم‌بری بر جذب روغن دریافتند استفاده از پیش‌ تیمارها سبب کاهش جذب روغن می‌شود [۱۶].

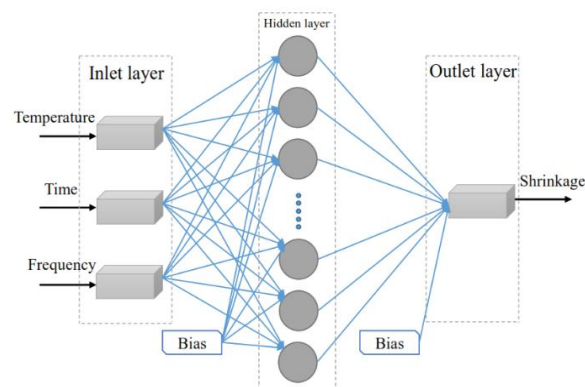


Fig 1 Schematic ANN (artificial neural network Layout)

ارزیابی بهترین برازش شبکه برای یافتن بهترینچیدمان شبکه مناسب، از طریق معیارای ضریب تبیین (R^2)، و خطای مربعات میانگین (MSE) که هدف بیشینه نمودن ضریب تبیین و کمینه نمودن سایر پارامترهای می باشد. این معیارها توسط معادلات (۲) تا (۳) محاسبه می شوند:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n [O_i - T_i]^2}{\sum_{i=1}^n [O_i - T_m]^2}} \quad (2)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - T_i)^2}{N} \quad (3)$$

در این رابطه ها $T_i O_i$ مقدار پیش بینی شده به وسیله شبکه عصبی مصنوعی برای الگوی i ام. T_i مقدار هدف (آزمایشی) برای الگوی i ام T_m میانگین مقادیر پیش بینی شده N تعداد داده ها و n تعداد الگوهای آموزشی است.

۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از آزمایشات، به صورت طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P \leq 0.05$ استفاده شده و کلیه نمودارها توسط نرم افزار EXCEL ۲۰۱۶ رسم شدند.

کردن تغییر زیادی در چگالی ظاهری نمونه‌ها روی نداد ولی در ادامه فرایند با گذشت زمان در تمامی دماها کاهش یافت [۳۱].

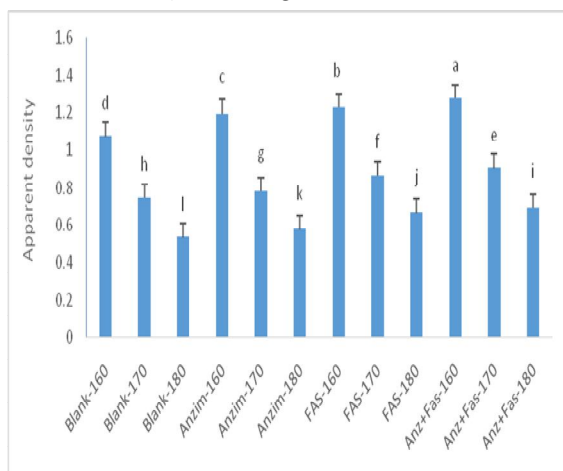


Fig 3 Apparent density of fried carrots at 160 °C, 170 °C, 180 °C under different pretreatment conditions

۳-۳- تأثیر دما بر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت

جدول ۲، مقادیر ضریب انتشار مؤثر رطوبت حاصل از قانون انتشار فیک را در سه دمای مختلف برای پیش تیمارهای مختلف نشان می‌دهد.

Table 2 The impact of independent variables on the effective moisture diffusivity at different temperature (160, 170 and 180 °C)

Samples	$D_{eff} (m^2/S)$
° C	3.22×10^{-8l}
Blank-170° C	4.72×10^{-8h}
Blank-180° C	6.40×10^{-8d}
Anzim-160° C	3.48×10^{-8k}
Anzim-170° C	5.12×10^{-8g}
Anzim-180° C	6.51×10^{-8c}
Fas-160° C	3.79×10^{-8j}
Fas-170° C	5.41×10^{-8f}
Fas-180° C	6.62×10^{-8b}
Anzim+Fas-160° C	4.33×10^{-8i}
Anzim+Fas-170° C	5.88×10^{-8e}
Anzim+Fas-180° C	6.80×10^{-8a}

Blank: sample without pretreatment
 Fas: sample+ ultrasound pretreatment
 Anz: sample+ blanching pretreatment
 Anzim+Fas: sample+ blanching and ultrasound pretreatment

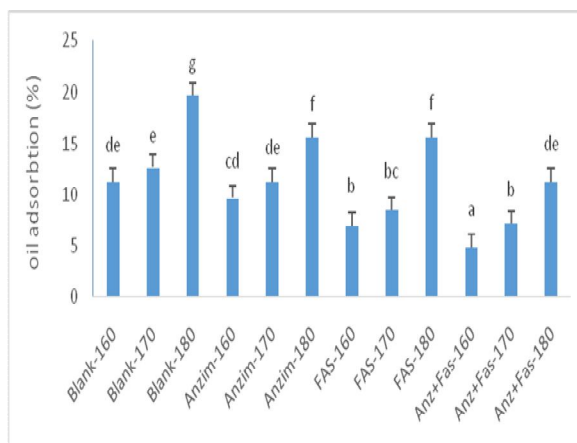


Fig 2 Oil adsorption of fried carrots at 160 °C, 170 °C, 180 °C under different pretreatment conditions

۲-۳- دانسیته ظاهری

در شکل ۳ تغییرات دانسیته ظاهری نمونه‌های شاهد، نمونه تیمار شده با آنزیم‌بری، نمونه تیمار شده با فراصوت و نمونه تیمار شده تلفیقی در سه دمای ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد همان گونه که از شکل پیداست، در تمامی دماها، با افزایش دما میزان دانسیته ظاهری نمونه کاهش یافته است که دلیل این امر تشدید در پدیده انتقال جرم می‌باشد. همچنین با افزایش دمای سرخ کردن دانسیته ظاهری قطعات نمونه به علت از دست دادن آب، جذب روغن و ایجاد منافذ حاوی هوا کاهش می‌یابد [۳۰]. نمونه‌های تیمار شده با فراصوت و آنزیم بری و تیمارهای تلفیقی آن در مقایسه با نمونه شاهد از دانسیته ظاهری بیشتری برخوردار بودند و تفاوت معنی داری بین آن‌ها مشاهده می‌شود. بیشترین میزان دانسیته ظاهری را نمونه تلفیقی در دمای سرخ کردن ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد داشت. این مسئله می‌تواند در نتیجه ایجاد کانال‌های میکروسکوپی در نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت باشد که متعاقب آن طی سرخ کردن نمونه‌ها، رطوبت با سهولت بیشتری از آن‌ها خارج شده و میزان منافذ و فضای خالی تشکیل شده افزایش می‌یابد. در راستای این نتایج نقوی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی مدل سازی دانسیته ظاهری قطعات سیب زمینی پیش تیمار شده با فراصوت و خشک کردن طی فرایند سرخ کردن عمیق دریافتند میزان دانسیته ظاهری نمونه‌ها کاهش یافت [۲۵]. در مطالعه‌ای دیگر مٹ و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر شرایط فرایند سرخ کردن روی چگالی ظاهری پاپاد را بررسی کردند و نتایج حاکی از آن بود که در اوایل فرایند سرخ

$10^{-8} \times 1/25$ و $10^{-8} \times 8$ می‌باشد [۳۳]. مویانو و برنا نیز مقدار D_{eff} را برای قطعات سیب زمینی $7 \times 7 \times 7$ mm سرخ شده در 160°C ، 170°C و 180°C درجه سانتی گراد بین $10^{-8} \times 1/14$ و $10^{-8} \times 9/4$ m^2/s گزارش کردند که کمترین مقدار آن مربوط به نمونه شاهد و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه پیش تیمار شده با محلول ساکارز ۲۰٪ بود [۳۴].

۳-۴- شبکه عصبی مصنوعی

برای بررسی عملکرد شبکه پرسپترون چند لایه از توپولوژی‌های مختلف با تعداد نورون‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفت. این توپولوژی‌ها کاملاً به صورت سعی و خطا انتخاب شدند. پس از آموزش شبکه با توجه به الگوریتم‌های یادگیری مختلف بهترین چیدمان شبکه بر اساس دو معیار R و MSE از میان توپولوژی‌های دیگر تعیین گردید. جدول (۳) خلاصه ای از بهترین نتایج مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود، با افزایش دما، ضریب انتشار مؤثر رطوبت در تمامی پیش تیمارها افزایش می‌یابد و بیشترین D_{eff} مربوط به دمای 180°C می‌باشد. در بررسی تأثیر پیش تیمارها بر روی D_{eff} ، باتوجه به جدول ۲، ملاحظه می‌شود که مقادیر D_{eff} نمونه‌های تلفیقی پیش تیمار شده با فراصوت و آنزیم بری در تمامی دماها بیشتر از دیگر پیش تیمارها می‌باشد. بعد از آن نیز نمونه‌های پیش تیمار شده با فراصوت و آنزیم بری شده به ترتیب بیشترین مقادیر D_{eff} را دارند. نمونه‌های شاهد نیز کمترین مقادیر D_{eff} را به خود اختصاص دادند. افزایش ضریب انتشار مؤثر رطوبت در نمونه‌های دارای پیش تیمار تلفیقی فراصوت و آنزیم بری را می‌توان به تغییرات ساختاری و کانال‌های ریز میکروسکوپی ایجاد شده در اثر انقباض و انبساط‌های متوالی امواج در ماده غذایی نسبت داد که با ایجاد حالت اسفنجی، خروج راحت تر رطوبت را ممکن می‌سازند [۳۲]. محدوده ضریب انتشار مؤثر گزارش شده توسط ساراواکوس و مارولیس (۲۰۰۱) برای انتشار رطوبت در بافت سیب زمینی سرخ شده، بین

Table 3 The different structures of artificial neural networks to predict the parameters of shrinkage

Epoch	Simulation Time (sec)	Number of neurons	Shrinkage		Training algorithm	Threshold function
		In hidden layer	R	MSE		
66	13.51	3	0.9959	0.000807	Lm	Tan
12	9.35	5	0.9939	0.008355	Lm	Log
60	13.54	8	0.9803	0.009539	Lm	Tan/Log
45	14.56	7	0.9971	0.014868	Cgb	Tan
79	18.90	10	0.9731	0.073065	Cgb	Log
95	29.46	5	0.9911	0.008495	Cgb	Tan/Log
41	7.55	5	0.9923	0.014353	Rp	Tan
34	16.41	9	0.9981	0.023735	Rp	Log
55	33.90	10	0.9798	0.028539	Rp	Tan/Log
137	8.30	3	0.9929	0.047191	Scg	Tan
57	15.02	9	0.9919	0.108720	Scg	Log
50	12.73	8	0.9862	0.098443	Scg	Tan/Log

با یک لایه پنهان با تعداد ۳ نورون، دارای ضریب همبستگی بالاتر و میزان خطای کمتری نسبت به سایر ساختارهای شبکه عصبی می‌باشد. مدت زمان همگرا شدن شبکه عصبی مورد نظر (۱۳/۵۱) ثانیه برای چروکیدگی می‌باشد که بیانگر قابلیت بالای شبکه عصبی مصنوعی در پیشبینی این تغییرات است. ضریب همبستگی (R) چیدمان مذکور که میزان چروکیدگی را دربر می‌گیرد به

نتایج حاصل از به کارگیری شبکه عصبی در پیشبینی میزان چروکیدگی نشان داد که بهترین توپولوژی با چیدمان ۳-۳-۱ (۳ نورون در لایه ورودی، ۳ نورون در لایه پنهان و ۱ نورون در لایه خروجی) الگوریتم آموزش لوبنبرگ-مارکوارت (lm) تابع آستانه لگاریتمی (Tan) با تعداد تکرار (۶۶) حاصل گردیده است. همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود ساختار شبکه عصبی

عصبی بسیار به هم نزدیک بوده و این بیانگر همبستگی و همپوشانی بسیار خوب مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی است.

۵- منابع

- [1] Koley, T., Singh, S., Khemariya, P., Sarkar, A., Kaur, C., Chaurasia, S., Naik, P. 2014. Evaluation of bioactive properties of Indian carrot (*Daucus carota* L.): A chemometric approach. Food research international, 60, 76-85.
- [2] Singh, D., Beloy, J., Mcinery, J., Li, D. 2012. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). Food chemistry, 132, 1161-1170.
- [3] Fan, L., Zhang, M., Xiao, G., Sun, J., Tao, G. 2005. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. International journal of food science and technology, 40, 911-919.
- [4] Bouchon, P., & Steve, L. T. 2009. Understanding oil absorption during deep-fat frying. Advances in Food and Nutrition Research, vol. 57, 209-234. Academic Press.
- [5] Mir-Bel, J., Oria, R., & Salvador, M. L. 2009. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. Journal of Food Engineering, 95(3), 416-422.
- [6] Datta, A.K. 2007. Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. I: Problem formulations. Journal of Food Engineering, 80, 80-95.
- [7] Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B and Marinos-Kouris, D. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. Journal of Food Engineering, 44, 39-46.
- [8] Lamberg, I., Hallstrom, B., and Olsson, H. 1990. Fat uptake in a potato drying frying process. LWT- Food science and Technology, 23, 295-300.
- [9] Williams, R., & Mittal, G. S. 1999. Low-fat fried foods with edible coatings: Modeling and simulation. Journal of Food Science, 24, 183-187.
- [10] Bunger, A., Moyano, P., & Rioseco, V. 2003. NaCl soaking treatment for improving the quality of French-fried potatoes. Food Research International, 36, 161-166.

ترتیب برابر با ۰/۹۹۵۹ است. همان طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود همه نقاط حول یک خط راست ۴۵ درجه با ضریب تبیین بالا بسیار بالا قرار گرفته اند. با توجه به شکل مذکور میتوان دریافت که داده‌های آزمایشی و داده‌های حاصل از مدل شبکه عصبی بسیار به هم نزدیک بوده به طوریکه منحنی‌های هر دو سری داده روی یکدیگر منطبق شده اند و بیانگر همبستگی و همپوشانی بسیار خوب مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه در مقابل مقادیر واقعی است.

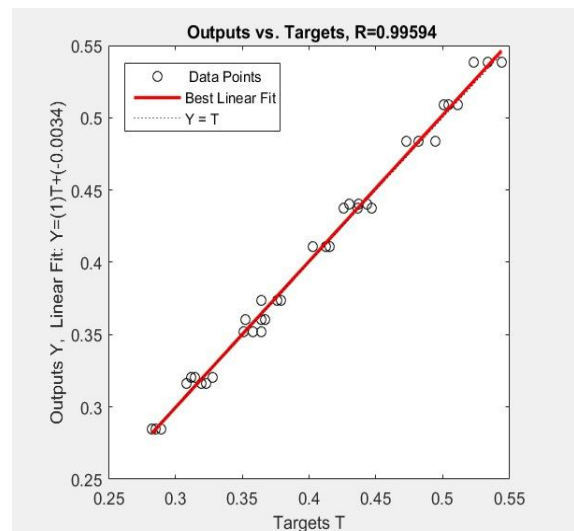


Fig 4 The prediction accuracy by the best trained network parameter value with actual value

۴- نتیجه گیری کلی

نمونه شاهد در هر سه دمای استفاده شده بالاترین میزان جذب روغن را داراست. استفاده از پیش تیمار آنزیم‌بری و پیش تیمار فراصوت باعث کاهش چروکیدگی و میزان جذب روغن می‌شود. همچنین بیشترین دانسیته ظاهری در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد در نمونه‌های تلفیقی بدست آمد. با افزایش دما ضریب نفوذ موثر رطوبت در تمامی تیمارها افزایش یافت و بیشترین ضریب مربوط به نمونه تلفیقی فراصوت با آنزیم در دمای ۱۸۰ درجه بود. نتایج مدل سازی درصد چروکیدگی با شبکه مصنوعی نشان می‌دهد، ساختار شبکه عصبی با یک لایه پنهان با تعداد ۳ نورون، دارای ضریب همبستگی بالاتر و میزان خطای کمتری می‌باشد. همچنین داده‌های آزمایشی و داده‌های حاصل از مدل شبکه

- [22] AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- [23] Moyano, P. C., & Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. *LWT- Food Science and Technology*, 39(4), 285-291.
- [24] Ziaififar, A.M., Courtois, F., and Trystram, G. 2010. Porosity development and its effect on oil uptake during frying process. *Journal of Food Process Engineering* 33(2), 191-212.
- [25] Naghavi, A., Dehghannia, J., Ghanbarzadeh, B. 2014. Modeling of appearance density of potato slices with ultrasound pretreatment and drying pretreatment during frying, *Journal of food science*, 62, 1-15.
- [26] Troncoso, E., and Pedreschi, F. 2009. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6), 1164-1173.
- [27] Esfandiyari-Darabad, F. 2010. The average monthly temperature in Sanandaj synoptic forecast models using artificial neural network Multilayer Perceptron (MLP). *J. Soci. Geograph. Iran*, 27, 45-64. (in Farsi)
- [28] Califano, A. N., & Calvelo, A. 1987. Adjustment of surface concentration of reducing sugars before frying of potato strips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 12, 1-9.
- [29] Bouchon, P., Aguilera, J. M., & Pyle, D. L. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 68, 2711-2716.
- [30] Fernandes FAN and Rodrigue S, 2008. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technology*, 26, 1509-1516.
- [31] Math, R.G., Velu, V., Nagender, A., and Rao, D.G. 2004. Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad. *Journal of Food Engineering*, 64(4), 429-434.
- [32] Saravacos GD and Maroulis ZA, 2001. *Transport Properties of Foods*, Marcel Dekker: New York.
- [33] Moyano PC and Berna AZ, 2002. Modeling water loss during frying of potato strips: Effect of solute impregnation. *Drying Technology* 20(7): 1303-1318.
- [11] Pedreschi, F., Claudia, C., Moyano, P., & Troncoso, E. 2008. Oil distribution in potato slices during frying. *Journal of Food Engineering*, 87, 200-212.
- [12] Fengxia, S.D., Zhanming, Z. 2001. Determination of oil color by image analysis. *Journal of American oil chemistry society*, 78, 749-752.
- [13] Fernandes, F. A. N., Gallao, M. I., & Rodrigues, S. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 186-190.
- [14] Garcia-Perez, J., Carcel, J., De la FuenteBlanco, S., & Riera-Franco de Sarabia, E. 2006. Ultrasonic drying of foodstuff in a fluidized bed: Parametric study, *Ultrasonics*, 44, e539-e543.
- [15] Ali nejad, s., Dehghannia, J. 2017. Effect of combination of ultrasound on dehydration of potato slices, *Journal of food science*, 14, 155-169.
- [16] Razag pour, A., Ghanbarzadeh, B. 2014. Effect of pretreatment of ultrasound and blanching on oil absorption of potato during deep frying, *Journak of research in food science and technology*, 2, 323-328.
- [17] Turan, M.S., Karacabey, E. 2018. Changes in Quality Parameters of Deep Fat Fried Carrot Slices Under the Effect of Ultrasound Assisted Pre-drying Process. *Journal of Science and Technology Research*, 2(1), 31-39.
- [18] Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. 1986. Learning internal representations by error propagation. *Parallel data Processing*, 1, 318-362.
- [19] Sreekanth, S., Ramaswamy, H. S., Sablani, S. S., & Prasher, S. O. 1999. A neural network approach for evaluation of surface heat transfer coefficient, *J. Food Process. Preserv.* 23, 329-348.
- [20] Hernandez. J. A., Perez, Garcia, M. A., Alvarado, Trystran, G. & Heyd, B. 2004. Neural networks for the heat transfer prediction during drying of cassava and mango. *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 57-64.
- [21] AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th ed), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The Effect of ultrasound and blanching on the quality, physical and thermodynamical properties of deep fried carrots and modeling of shrinkage by artificial neural network

Simintan, N.¹, Asefi, N.^{2*}

1. M.Sc student, Department of Food Engineering, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

2. Assistant Professor, Department of Food Engineering, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article History:</p> <p>Received 24 August 2018 Accepted 08 September 2019</p> <p>Keywords:</p> <p>Blanched pretreatment, Carrots, Neural network modeling, Ultrasound pretreatment</p> <p>DOI: 10.52547/fsct.18.02.05</p> <p>*Corresponding Author E-Mail: n.asefi@iaut.ac.ir</p>	<p>Deep frying is one of the most common methods method of fast food preparation that provides the desired sensory properties in the food. The rate of oil absorption is affected by various factors such as processing conditions (temperature and time), pretreatments, physicochemical properties of the raw material and chemical composition of oil.. The purpose of this study was to investigate the ultrasound and blanching pre-treatments effect on the physical and thermodynamic quality of fried carrots under deep frying conditions. In this study, moisture and oil content, bulk density and effective moisture diffusion coefficient were investigated. Moreover the rate of shrinkage was modeled by the neural network. The results showed that the use of combination of ultrasound and blanching pretreatments reduced shrinkage, oil absorption and increased apparent density and effective emission factor of moisture content at 160 °C, 180 °C respectively. Moreover the modeling of neural network shrinkage showed a good correlation and overlap between the values predicted by the network versus actual values.</p>