

بررسی عملکرد نوع آرایش شبکه عصبی پرسترون در پیش‌بینی سینتیک انتقال جرم آبگیری اولتراسوند-اسمز تَرُب

محسن مختاریان¹، مهران محمودی²، مستانه ملکی³، عباس مهجوریان^{4*}

- 1- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
- 2- گروه زراعت، واحد آیت الله املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
- 3- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
- 4- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت الله املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
(تاریخ دریافت: 94/4/10 تاریخ پذیرش: 94/8/17)

چکیده

در این پژوهش ویژگی‌های سینتیک آبگیری اولتراسوند-اسمز تَرُب توسط توابع مختلف فعال‌سازی شبکه عصبی نظیر لگاریتم سیگموئید و تانژانت هیپربولیک پیش‌بینی گردید. مقادیر جذب مواد جامد و کاهش آب به عنوان خروجی و زمان غوطه‌وری، غلظت محلول اسمزی، نوع پیش‌تیمار و محتوی رطوبتی به عنوان ورودی انتخاب گردید. در این مطالعه به منظور بدست آوردن بهترین نتیجه در پیش‌بینی پارامترهای اولتراسوند-اسمز تَرُب از دو نوع آرایش مختلف شبکه عصبی (I و II) استفاده گردید. نتایج نشان داد که استفاده از آرایش شبکه نوع دوم (II) با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک نسبت به آرایش شبکه نوع اول (I) با تابع لگاریتم سیگموئیدی، توانست پارامترهای آبگیری اولتراسوند-اسمز تَرُب را با کارایی بیشتری پیش‌بینی نماید. بهترین چیدمان شبکه عصبی 17 نرون در لایه پنهان بدست آمد. این شبکه توانست مقادیر جذب مواد جامد و کاهش آب را با ضرایب تبیین 0/993 و 0/996 پیش‌بینی نماید. این شیوه نوین می‌تواند به طور موفقیت آمیزی برای پایش کمی تغییرات کیفیت تَرُب در طی فراوری آبگیری اولتراسوند-اسمز استفاده گردد.

کلید واژگان: شبکه عصبی مصنوعی، اولتراسوند، آبگیری اسمزی، انتقال جرم

*مسئول مکاتبات: pnamari@gmail.com

1- مقدمه

بکارگیری روش‌هایی برای افزایش انتقال جرم لازم و ضروری به نظر می‌رسد. برخی از این روش‌ها عبارتند از: قرار دادن ماده غذایی تحت فشار هیدرواستاتیک بسیار بالا⁷، میدان‌های الکتریکی ضربانی با شدت بالا⁸، امواج فراصوت⁹، خلاء نسبی¹⁰ و نیروی گریز از مرکز¹¹ طی فرآیند آبیگری و یا قبل از آن [4و5]. در این مقاله به بررسی روش ترکیبی اولتراسوند-اسمز به عنوان یک روش غیر مخرب در فرآیند آبیگری تُرب پرداخته می‌شود. مکانیسم اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به دلیل ایجاد پدیده حفره‌زایی¹² یا تشکیل حباب‌های بسیار ریز است که تحت اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه‌ای و نقطه‌ای حرارت و فشار فوق العاده ایجاد می‌کند. این وضعیت باعث اثرات فیزیکی شیمیایی بر مولکول‌های مجاور شده و نیز قابلیت نفوذ سلول‌ها را افزایش می‌دهد [4و5]. اخیراً پژوهش‌های متعددی در رابطه با تاثیر امواج اولتراسوند در فرآیند آبیگری اسمزی و فرآوری محصولات غذایی مختلف صورت گرفته است. در پژوهشی تأثیر بکارگیری فرآیند اسمز-اولتراسوند روی ساختار بافت سلولی آناناس طی آبیگری بررسی گردید. نتایج نشان داد که بکارگیری اولتراسوند و اسمز به دلیل تغییر در روزه‌های ساختار سلولی سبب افزایش میزان دفع شکر و انتشار آب می‌شود. همچنین این تغییرات سبب افزایش دفع آب و جذب مواد جامد گردید [6]. در پژوهش دیگری، تأثیر بکارگیری اولتراسوند روی انتقال جرم و ویژگی‌های ریز ساختاری¹³ پوست پرتقال طی خشک کردن با هوای داغ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاکی از این بوده که بکارگیری اولتراسوند، سینتیک خشک کردن پوست پرتقال را بهبود بخشید [7]. رودریگز و همکاران (2009) تأثیر زمان غوطه‌وری را روی ویژگی‌های ساختار سلولی میوه پاپایا طی آبیگری بررسی نمودند. این محققین اذعان نمودند که تخریب بافت سلولی توسط اولتراسوند سبب افزایش جذب مواد جامد و دفع آب و ضریب نفوذ آب گردید [8]. مختاریان و همکاران (2014a) آبیگری اسمزی کدوی حلواپی را به روش سطح پاسخ

خشک کردن مواد غذایی و مشخصاً میوه‌ها و سبزیجات از زمان‌های بسیار دور به عنوان راهی جهت افزایش عمر ماندگاری آنها معمول بوده و امروزه نیز به عنوان یکی از فرآیندهای مهم در صنایع غذایی مطرح می‌باشد. مؤثر بودن روش خشک کردن در جلوگیری از فساد، کاهش حجم، سادگی بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری محصولات خشک شده با حداقل امکانات از مهمترین این مزایا است. بکارگیری روش‌های پیش‌تیمار مختلف، به منظور کاهش زمان خشک کردن و بهبود خواص تغذیه‌ای خشکبار، امروزه جایگاه ویژه‌ای را در صنعت فرآوری مواد غذایی نمایان نموده است. پیش‌تیمارهای مختلفی به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. بلانچ کردن، آبیگری اسمزی و بکارگیری ترکیبات شیمیایی (پتاسیم متابی سولفات¹، پتاسیم و سدیم هیدروکسید²، کربنات پتاسیم³، امولسیون‌های استر اتیل و متیل⁴، اسید سیتریک⁵، اسید آسکوربیک⁶) از جمله پیش‌تیمارهایی بوده که در صنعت خشکبار مورد استفاده قرار می‌گیرد [1]. آبیگری اسمزی عبارت از خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی به وسیله تماس مستقیم آنها با یک محلول غلیظ مناسب نظیر محلول‌های غلیظ قندها، نمک‌ها یا مخلوطی از آن دو می‌باشد [2]. در این فرآیند با قرار دادن مواد غذایی مانند میوه یا سبزی بصورت قطعه قطعه شده یا کامل در یک محلول اسمزی، دیواره طبیعی سلول‌های ماده غذایی به عنوان یک غشاء نیمه تراوا عمل نموده و به علت وجود گرادیان غلظت بین محلول اسمزی که دارای فشار اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کمتری و نیز مایعات داخل سلولی، نیروی محرک لازم برای خروج آب از ماده غذایی به داخل محلول اسمزی ایجاد می‌شوند [2و3]. از آبیگری اسمزی برای تولید محصولات با رطوبت حد واسط استفاده می‌شود یا از این فرآیند می‌توان بعنوان یک پیش‌فرآیند برای فرآیندهای بعدی نظیر خشک کردن یا انجماد استفاده کرد. با توجه به اینکه شدت انتقال جرم طی آبیگری اسمزی نیز معمولاً پایین می‌باشد،

7. Ultra high hydrostatic pressure (UHP)

8. High intensity electrical field pulses

9. Ultrasound

10. Partial vacuum

11. Centrifugal force

12. Cavitation

13. Microstructure

1. Potassium meta bisulphate

2. Potassium and sodium hydroxide

3. Potassium carbonate

4. Methyl and ethyl ester

5. Citric acid

6. Ascorbic acid

است [12، 11]. پژوهشگران متعددی از شبکه عصبی برای مدل‌سازی سینتیک آبگیری اسمزی مواد غذایی و نیز پارامترهای فرآیندهای مختلف استفاده نموده‌اند. به عنوان مثال، آقاجانی و همکاران (2012) [13]، کاشیری و همکاران (2012) [14]، گاه‌فرخی و همکاران (2013) [15] و مختاریان و همکاران (a,b) (2014) [16 و 9] به ترتیب از شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی فرآیند خشک کردن مالت سبز، فرآیند خیس‌اندن سورگوم، غیرفعال‌سازی غیرحرارتی آنزیم پراکسیداز، آبگیری اسمزی و خشک کردن با هوای داغ کدوی حلوائی استفاده نمودند. فرآیند انتقال جرم پوست لیموی آفریقایی¹⁵ توسط شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی گردید. نتایج پیش‌بینی میزان دفع آب و جذب مواد جامد توسط شبکه عصبی پیش‌رونده چند لایه با سه ورودی (دما، زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی و غلظت مواد جامد) نشان داد که بهترین شبکه با کمترین مجموع مربعات خطا (برابر 0/0066) و بیشترین ضریب رگرسیون (0/9725) با بکارگیری یک لایه مخفی و پنج نرون و استفاده از الگوریتم لوبنرگ-مارگوارت به عنوان الگوی یادگیری بدست آمد [17].

مات‌هاو و همکاران (2011) از دو شبکه عصبی پرسپترون چند لایه‌ای و شبکه تابع پایه شعاعی برای پیش‌بینی تجمع دی‌اکسی‌نیوالنول¹⁶ در دانه‌های جو آلوده به فوزاریوم کولموروم¹⁷ استفاده نمودند [18]. فرناندرز و همکاران (2011) غلظت آنتوسیانین را در پوست انگور با استفاده از شبکه عصبی پیش‌بینی نمودند [19]. مؤمن‌زاده و همکاران (2011) رفتار خشک کردن ذرت پوست‌کنده خشک شده با کمک خشک‌کن مایکروویو-بستر سیال را توسط شبکه عصبی پیش‌بینی نمودند [20]. گونی و همکاران (2008) با کمک شبکه عصبی زمان انجماد و رفع انجماد مواد غذایی را پیش‌بینی نمودند [21].

تُرَب سفید آسیایی یکی از مشهورترین سبزیجات فصلی ریشه‌ای بوده که به اشکال مختلفی چون تازه، خشک شده، شور شده، ترش شده و تخمیر شده فرآوری شده و مصرف می‌شود. روش خشک کردن متداول‌ترین شیوه در فرآوری تُرَب سفید می‌باشد که تاکنون تعداد مطالعات محدودی در خصوص کاربرد مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی و کنترل

بهینه‌سازی نمودند. متغیرهای مورد مطالعه شامل دمای محلول اسمزی، غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه‌وری بود. مقادیر متغیرها در شرایط بهینه شامل: دمای محلول اسمزی 5 درجه سانتیگراد، زمان غوطه‌وری 3 ساعت و نوع محلول اسمزی 15% نمک طعام و 50% ساکارز گزارش شد [9]. سیلوا و همکاران (2014) تأثیر کلسیم لاکتات (2 و 4%) و ساکارز (40 و 50%) را روی سینتیک آبگیری اسمزی و ویژگی‌های کیفی آناناس مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که میزان جذب کلسیم در نمونه‌های آبگیری شده در غلظت‌های بالاتر ساکارز و کلسیم لاکتات بیشتر بود. همچنین افزودن کلسیم لاکتات به محلول اسمزی میزان آب نمونه را کاهش و از نفوذ ساکارز ممانعت نموده و کارایی آبگیری را افزایش داد [10].

وجود جریان‌های همزمان انتقال جرم طی فرآیند آبگیری اسمزی یکی از اساسی‌ترین مشکلات مدل‌سازی سینتیک (افت وزن، کاهش آب و میزان جذب مواد جامد) در این فرآیندها می‌باشد. عموماً مدل‌سازی این فرآیند با استفاده از قانون دوم فیک و یا مدل‌های رگرسیونی انجام می‌شود. علی‌رغم سادگی این مدل‌ها استفاده از آن‌ها به دلیل وابسته بودن به تعداد زیادی از ویژگی‌های فیزیکی ماده غذایی و نیز توانایی پیشگویی پارامترهای سینتیکی فقط در شرایط نزدیک به شرایط آزمایشی اولیه، محدودیت‌هایی دارد. لذا محققان به فکر استفاده از روش‌های مدل‌سازی جدید جهت بررسی فرآیندهای موجود در صنایع غذایی می‌باشند. امروزه با توسعه فناوری‌های پردازش رایانه‌ای، از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)¹⁴ به طور گسترده‌ای به منظور مدل‌سازی فرآیندهایی صنایع غذایی به منظور پیشگویی پارامترهای مورد نظر در طراحی و توسعه سیستم‌ها استفاده شده است. یک شبکه عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از عناصر محاسباتی (نرون) بوده که عملکردی مشابه نرون‌های زیستی دارند. این مجموعه قادر است بدون هیچ دانش قبلی از فرآیند مورد بررسی، ارتباط ذاتی بین داده را کشف نماید. همچنین شبکه‌های عصبی قادر به مدل‌سازی سیستم‌های غیر خطی و پیچیده با تعداد زیادی داده ورودی و خروجی می‌باشند و در اکثر موارد نتایج قابل قبولی توسط محققان گزارش شده

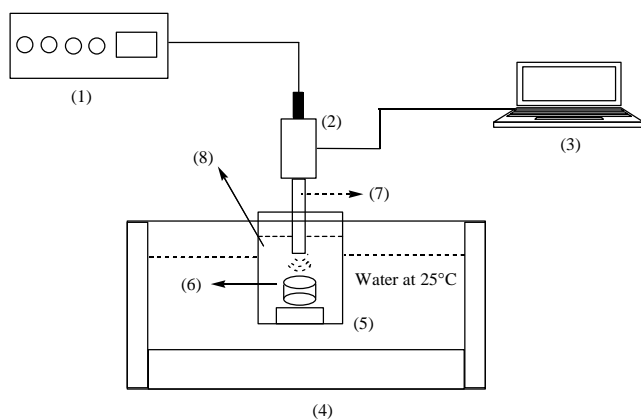
15. Kaffir lime peel

16. Deoxyvalenol

17. *Fusarium culmorum*

14. Artificial Neural Network (ANN)

یک ترمومتر (Testo، ساخت آلمان، دقت 0/1) کنترل گردید. دستگاه اولتراسوند مورد استفاده در این تحقیق نوع پروب¹⁹ اولتراسوند با نام تجاری دکتر هشلر²⁰ مدل UP 200H ساخت آلمان بود. ابعاد دستگاه 280 × 195 × 135 میلی‌متر به ترتیب طول، عرض و ارتفاع بود. عملیات پیش تیمار اولتراسوند در فرکانس 24 کیلوهرتز صورت گرفت. ماکزیمم دانسیته توان صوتی دستگاه 12 تا 600 وات/سانتی‌متر مربع و ماکزیمم دامنه نوسان دستگاه 12 تا 260 میکرومتر روی پروب انتقال دهنده امواج صوتی (سونوتروید) قابل تنظیم بود. شدت صوت ورودی دستگاه در حین انجام عمل اولتراسوند ثابت و در دامنه ی 100 درصد به صورت متناوب تنظیم گردید به طوری که تزریق امواج صوتی به داخل محلول اسمزی 5 ثانیه روشن و 5 ثانیه خاموش گردید. روش کار بدین صورت بود که پروب این دستگاه در حین آبیگری اسمزی در داخل ظرف حاوی نمونه قرار گرفته و امواج صوتی را به داخل ظرف محتوی محلول اسمزی و نمونه انتقال²¹ می‌دهد. پروب بکار رفته برای فرآیند آبیگری، پروب نوع S7/Micro Tip7 با مشخصات عمق نفوذ 90 میلی‌متر، قطر 7 میلی‌متر، ماکزیمم بزرگی دامنه 175 میکرون و ماکزیمم چگالی توان صوتی 300 وات بر سانتی‌متر مربع بود. شکل 1 ساختار شماتیک نحوه اجرای پیش تیمار اولتراسوند-اسمز را نشان می‌دهد.



شکل 1 نحوه اجرای پیش تیمار اولتراسوند: (1) مولد امواج صوتی، (2) مبدل امواج صوتی، (3) مانیتور، (4) بن ماری، (5) ظرف نمونه، (6) نمونه تراب، (7) پروب دستگاه و (8) محلول اسمزی

فرآیندهای خشک کردن این ماده غذایی گزارش شده است. لذا هدف این تحقیق بررسی اثر عوامل مختلف (زمان، نوع پیش تیمار و غلظت محلول اسمزی) بر خشک کردن اسمزی تراب و مدل‌سازی انتقال جرم فرآیند (کاهش وزن، کاهش آب و جذب مواد جامد) با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

2- مواد و روش ها

2-1- آماده‌سازی ماده اولیه

برای انجام این آزمایش نمونه تراب از بازار محلی خریداری و در طول مدت انجام آزمایش در سردخانه نگهداری گردید. تراب‌های مورد استفاده دارای رطوبت اولیه 92 درصد در مبنای تر بود. رطوبت اولیه نمونه‌ها توسط قرار دادن نمونه‌ها در آون در دمای 102 درجه سانتی‌گراد تا دستیابی به وزن ثابت اندازه‌گیری شدند [22]. در ابتدای هر آزمایش تراب‌ها شستشو و به برش‌هایی به قطر 2 سانتی‌متر برش داده شد و توسط یک کولیس (مدل ورتکس¹⁸، M502، با دقت 0/01 میلی‌متر) ابعاد کنترل گردید.

2-2- پیش تیمار اولتراسوند و آماده سازی

محلول اسمزی

در این پژوهش از محلول‌های اسمزی ساکارز و مانیتول به صورت ترکیبی استفاده شد. در تهیه محلول‌های اسمزی، غلظت محلول ساکارز ثابت در نظر گرفته شد (35% وزنی/حجمی) و غلظت مانیتول در سه سطح (5، 10 و 15% وزنی/حجمی) به صورت توأم به ساکارز استفاده شد. دمای محلول اسمزی در کل آزمایش ثابت و معادل دمای محیط (25 درجه سانتی‌گراد) تنظیم شد. نسبت محلول اسمزی به میوه 20 به 1 انتخاب گردید. قطعات تراب در محلول اسمزی غوطه‌ور و در فواصل زمانی 0، 30، 60، 90 و 120 دقیقه دو قطعه از محلول اسمزی خارج و سطح آن با آب مقطر دیونیزه شسته و بر روی یک کاغذ صافی (واتمن) جهت جذب شدن آب سطحی قرار گرفت، بعد از جذب سطحی آب، نمونه‌ها توزین گردید. دما فرآیند آبیگری اسمزی توسط یک هات پلیت تنظیم و ثابت گردید و به کمک

19. Probe
20. Dr. hielscher model 'UP 200H'
21. Deliver

18. Vertex

پیکربندی، تعداد 1 لایه پنهان با 2-20 عدد نرون در لایه پنهان، نرخ یادگیری 0/4، ضریب مومنتوم 0/9 و توابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئید (رابطه 4) و تانژانت هیپربولیک (رابطه 5) در لایه پنهان و خروجی استفاده گردید.

$$\text{logsig} = \frac{1}{1+e^{-z}} \quad (0, +1) \quad (4)$$

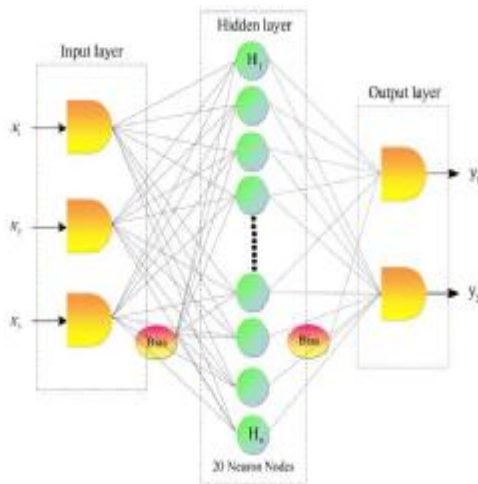
$$\text{tanh} = \frac{e^z - e^{-z}}{e^z + e^{-z}} \quad (-1, +1) \quad (5)$$

جهت مدل‌سازی شبکه عصبی ابتدا داده‌ها به دو قسمت تقسیم گردید بطوری که 70 درصد داده‌ها برای آموزش و 30 درصد باقیمانده برای تست شبکه در نظر گرفته شدند. به منظور مقایسه کارایی شبکه عصبی برای پیش‌بینی پارامترهای آبیگری اولتراسوند-اسمز تُرب، از شاخص‌های ضریب تبیین²³ و خطای نسبی میانگین²⁴ استفاده گردید (رابطه 6 و 7).

$$\text{MRE} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|(P_{ANN,i} - P_{exp,i})|}{P_{exp,i}} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_{ANN,i} - P_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (P_{ANN,i} - MR_{ANN,i})^2} \quad (7)$$

در این معادلات، P_{ANN} مقدار پیش‌بینی شده برای پارامترهای خروجی از شبکه، P_E مقادیر داده‌های تجربی بدست آمده از آزمایش و N تعداد مشاهدات است [9 و 16].



شکل 2 طرحواره شبکه عصبی ANN-I در پیش‌بینی پارامترهای فرآیند انتقال جرم اولتراسوند-اسمز تُرب

برای تعیین میزان رطوبت نمونه‌ها، قطعات در داخل آون تحت فشار اتمسفر در دمای 102 درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. مقادیر کاهش آب، جذب مواد جامد و آفت وزن قطعات بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف (قبل از آبیگری اسمزی، بعد از آبیگری اسمزی و بعد از خشک کردن در آون) و استفاده از معادلات زیر تعیین گردید (معادلات 1 تا 3):

$$WL = \frac{(1-S_t).m_t - (1-S_0).m_0}{S_t.m_t} \quad (1)$$

$$SG = \frac{S_t.m_t - S_0.m_0}{S_t.m_t} \quad (2)$$

$$WR = WL - SG \quad (3)$$

در این معادلات m_0 جرم اولیه نمونه، m_t جرم نمونه بعد از زمان t ، S_0 و S_t به ترتیب مقدار ماده جامد نمونه قبل از فرآیند آبیگری اسمزی و مقدار ماده جامد نمونه بعد از فرآیند آبیگری اسمزی می‌باشد [9].

2-3- شبکه عصبی مصنوعی

برای مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی از نرم افزار SPSS نسخه 19 (2011) استفاده گردید. نوع شبکه طراحی شده پرسپترون چند لایه²² بود. در این پژوهش، دو آرایش شبکه عصبی با نام‌های شبکه عصبی اول (ANN-I) و شبکه عصبی دوم (ANN-II) جهت پیش‌بینی پارامترهای آبیگری اولتراسوند-اسمز تُرب مورد استفاده قرار گرفت. در شبکه اول ورودی‌های شبکه شامل نوع پیش تیمار (x_1)، زمان غوطه‌وری (x_2) و غلظت محلول اسمزی (x_3) و در شبکه دوم ورودی‌های شبکه شامل نوع پیش تیمار (x_1)، زمان غوطه‌وری (x_2)، غلظت محلول اسمزی (x_3) و میزان رطوبت (x_4) در نظر گرفته شد. با کمک این دو نوع آرایش پارامترهای خروجی شبکه یعنی کاهش آب (y_1)، جذب مواد جامد (y_2) پیش‌بینی گردید. چیدمان هر دو آرایش شبکه در شکل‌های (2) و (3) ارائه شده است. بهینه‌سازی ساختار شبکه عصبی مصنوعی با بررسی چیدمان‌های مختلف شبکه و نیز ارزیابی همبستگی بین خروجی‌های شبکه عصبی و داده‌های آزمایشی انجام گرفت. برای بهینه‌سازی شبکه عصبی پارامترهای مختلف شبکه نظیر تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نرون در هر لایه پنهان، نوع تابع فعال‌سازی در لایه پنهان و خروجی، نرخ یادگیری و ضریب مومنتوم باید ارزیابی گردد. به منظور یافتن بهترین

23. Coefficient of determined (R^2)

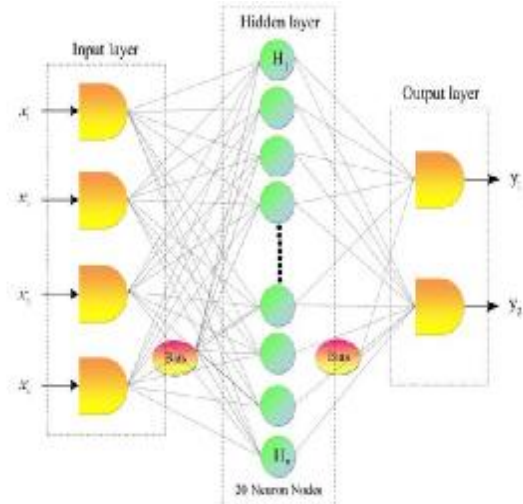
24. Mean Relative Error (MRE)

22. Multilayer Perceptron (MLP)

مشاهده می‌شود، نوع پیش تیمار و غلظت محلول اسمزی تاثیر معنی‌دار ($p < 0/01$) بر روی شاخص کاهش آب داشت. بیشترین کاهش آب در نمونه‌های تیمار شده با فراصوت مشاهده شد که البته افزایش غلظت محلول اسمزی سبب افزایش این شاخص گردید. نتایج مشابه توسط گارسیا نوگوره و همکاران (2010) زمانی که از فراصوت برای آبیگری توت فرنگی استفاده نمودند مشاهده شد [24]. همچنین محققین پژوهشی دیگر اذعان نمودند که افزایش غلظت محلول اسمزی سبب کاهش فعالیت آبی شده و نیروی محرکه لازم برای حذف آب از بافت نمونه را افزایش می‌دهد که این مسئله سبب افزایش کاهش آب نمونه می‌گردد [26]. به علاوه با افزایش غلظت محلول اسمزی، اختلاف فشار اسمزی برای مدت طولانی‌تری حذف شده که سبب بهبود انتقال جرم و افزایش کاهش آب می‌گردد [27]. همانطور که گفته شد تیمار فراصوت تأثیر معنی‌دار بر روی کاهش آب داشت که این مسئله به دلیل فرآیند کاویتاسیون و ایجاد میکروکانال‌های ریز بر روی بافت نمونه بوده که امکان ترابری مواد را افزایش و سبب افزایش کاهش آب نمونه شده است [24]. در مورد میزان رطوبت نهایی نمونه‌ها روندی مشابه با شاخص کاهش آب مشاهده شد و نمونه‌های آبیگری شده با فراصوت میزان رطوبت نهایی کمتری را داشتند.

3-2- مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی

برای مدل‌سازی فرآیند آبیگری اولتراسوند-اسمز تُرب از توابع فعال‌سازی مختلف شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. شبکه عصبی با یک و دو لایه پنهان، تعداد 1 تا 20 نرون به طور تصادفی انتخاب و قدرت شبکه در پیش‌بینی پارامترهای انتقال جرم اولتراسوند-اسمز تُرب تخمین زده شد. برای آموزش شبکه پرسپترون از الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا همراه با مومنتم استفاده گردید که در آن ضریب مومنتم برای تمام شبکه‌ها 0/9 و نرخ یادگیری 0/4 در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن تعداد چرخه‌های²⁵ آموزش مناسب یک شبکه آزمایشی یک لایه با تعداد نرون‌های لایه پنهان متغیر (2 تا 20 نرون) و توابع فعال‌سازی متفاوت با تعداد چرخه‌های آموزش متفاوت (100، 1000، 1500، 2500، 5000 و 7000) مورد آزمون قرار گرفت.



شکل 3 طرحواره شبکه عصبی ANN-II در پیش‌بینی پارامترهای فرآیند انتقال جرم اولتراسوند-اسمز تُرب

3-2- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری ویژگی‌های نمونه تُرب با استفاده از طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین داده با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان 99% انجام گرفت. متغیرها مستقل فرآیند شامل نوع محلول‌های اسمزی شامل (ساکارز 35% + مانیتول 5%)، (ساکارز 35% + مانیتول 10%) و (ساکارز 35% + مانیتول 15%) و روش فرآوری (با/بدون تیمار با فراصوت) بود. متغیرهای وابسته فرآیند شامل کاهش آب، جذب مواد جامد، آفت وزن و میزان رطوبت نهایی بود. کلیه آزمایشات در سه تکرار و با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه 9/1 صورت گرفت.

3- نتایج و بحث

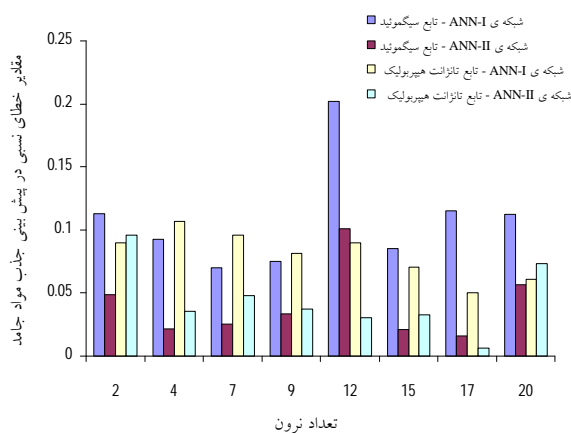
3-1- آبیگری اسمزی

نتایج مقایسه میانگین تأثیر پیش تیمار فراصوت و نوع محلول اسمزی بر روی شاخص‌های آبیگری تُرب سفید آسیایی در جدول 1 ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که پیش فرآیند با فراصوت تأثیر معنی‌دار ($p < 0/01$) بر روی جذب مواد جامد نداشت با این وجود میزان جذب مواد جامد نمونه‌های آبیگری شده با فراصوت بیشتر از نمونه‌های معمولی بود. پژوهشگران مختلف گزارش نمودند که مقدار جذب مواد جامد با بکارگیری فراصوت افزایش می‌یابد [23, 24, 25]. همانطور که

جدول 1 مقایسه میانگین اثر متقابل پارامترهای آبیگری اولتراسوند-اسمزی تَرُب

پیش تیمار	محلول اسمزی	جذب مواد جامد	کاهش آب	اُفت وزن	میزان رطوبت
	35% ساکارز + 5% مانیتول	6/20 ^a	34/2 ^{ab}	28/0 ^{ab}	5/98 ^{ab}
فراصوت	35% ساکارز + 10% مانیتول	5/00 ^a	33/6 ^{ab}	28/6 ^{ab}	5/29 ^c
	35% ساکارز + 15% مانیتول	5/00 ^a	39/0 ^a	34/0 ^a	5/41 ^c
	35% ساکارز + 5% مانیتول	6/00 ^a	29/4 ^b	23/8 ^b	6/38 ^a
بدون فراصوت	35% ساکارز + 10% مانیتول	4/40 ^a	30/0 ^b	25/6 ^b	5/60 ^{bc}
	35% ساکارز + 15% مانیتول	5/60 ^a	33/4 ^{ab}	27/6 ^{ab}	5/41 ^c

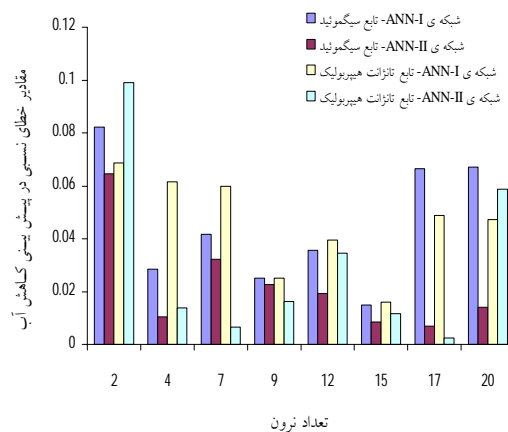
* میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال 1% با استفاده از آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل 5 نمودار تغییرات مقادیر خطای نسبی در دو آرایش شبکه عصبی در پیش‌بینی مقدار جذب مواد جامد

به طور کلی مقایسه دو آرایش شبکه عصبی در پیش‌بینی مقادیر کاهش آب و جذب مواد جامد نشان داد که در مورد پیش‌بینی کاهش آب، شبکه عصبی ANN-II با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک و پیکربندی 2-17-4 (یعنی شبکه‌ای با 4 ورودی، 17 عنصر پردازشی (نرون) در لایه پنهان و 2 خروجی) بهترین نتیجه را در پیش‌بینی به همراه داشت. این شبکه توانست مقدار کاهش آب برش‌های تَرُب را در فرآیند آبیگری اولتراسوند-اسمز با مقدار ضریب تبیین 0/996 پیش‌بینی نماید. به طور مشابه نتایج نشان داد که شبکه عصبی ANN-II با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک و پیکربندی 2-17-4 (یعنی شبکه‌ای با 4 ورودی، 17 عنصر پردازشی (نرون) در لایه پنهان و 2 خروجی) بهترین نتیجه را در پیش‌بینی مقدار جذب مواد جامد داشته باشد.

نتایج حاصله حاکی از آن بود که، بهترین عملکرد در 5000 چرخه آموزش بدست آمد. نتایج حاصل از بهینه‌سازی دو آرایش شبکه عصبی مصنوعی همراه با بهترین چیدمان بدست آمده در حالت‌های مختلف فرآیند آبیگری اولتراسوند-اسمز تَرُب در اشکال 4 و 5 نشان داده شده است. بررسی نتایج نشان داد که در شبکه عصبی ANN-I، بهترین چیدمان در پیش‌بینی کاهش آب و جذب مواد جامد به ترتیب، شبکه عصبی با تابع فعال‌سازی لوگ سیگموئید و 15 نرون در لایه پنهان و شبکه عصبی با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک و 17 نرون در لایه پنهان می‌باشد. از طرف دیگر در شبکه عصبی ANN-II، بهترین پیکربندی در پیش‌بینی کاهش آب و جذب مواد جامد شبکه عصبی با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک و 17 نرون در لایه پنهان بدست آمد.



شکل 4 نمودار تغییرات مقادیر خطای نسبی در دو آرایش شبکه عصبی در پیش‌بینی مقدار کاهش آب

(جدول 1). نتایج مشابه در این توسط سایر محققین گزارش گردید [9 و 16].

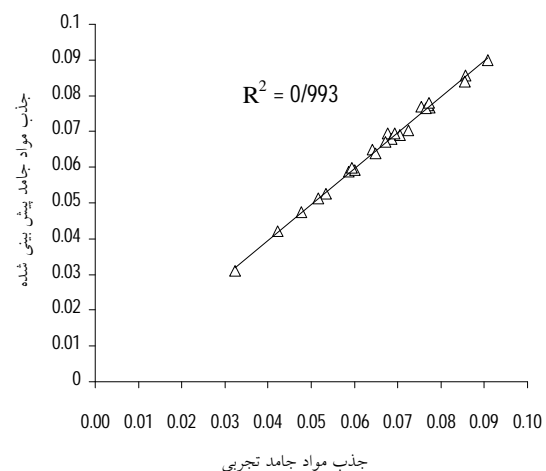
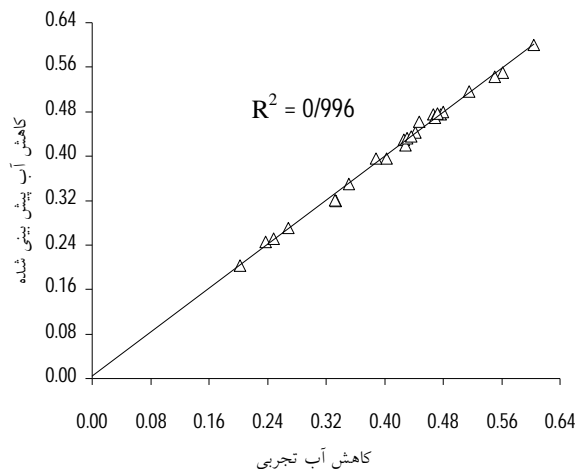
این شبکه توانست مقدار جذب مواد جامد را به ترتیب با ضریب تبیین و مقدار خطای نسبی 0/993 و 0/00632 پیش‌بینی نماید

جدول 1 مقایسه آرایش‌های شبکه عصبی I و II در پیش‌بینی پارامترهای فرآیند آگیری اولتراسوند-اسمز تُرب

جذب مواد جامد			کاهش آب			تابع فعال سازی	آرایش شبکه
چیدمان	R ²	MRE	چیدمان	R ²	MRE		
3-7-2	0/931	0/06996	3-15-2	0/967	0/01491	لوگ سیگموئید	شبکه ANN-I
3-17-2	0/931	0/04996	3-15-2	0/962	0/01599	تانزانت هیپربولیک	
4-17-2	0/985	0/01564	4-17-2	0/989	0/00688	لوگ سیگموئید	شبکه ANN-II
4-17-2	0/993	0/00632	4-17-2	0/996	0/00258	تانزانت هیپربولیک	

خود دلیلی بر ارزیابی دقیق شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی ویژگی‌های فرآیند آگیری اولتراسوند-اسمز تُرب می‌باشد (شکل 6).

نمودار حساسیت مدل مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی در برابر مقادیر تجربی برای بهترین آرایش مدل شبکه عصبی پرسپترون نشان داد که داده‌ها به طور تصادفی در اطراف خط رگرسیونی با ضریب تبیین بالاتر از 0/993 قرار گرفته‌اند که این



شکل 6 مقادیر پیش‌بینی شده و تجربی بهترین شبکه عصبی (یعنی شبکه ANN-II) در پیش‌بینی جذب مواد جامد و کاهش آب نمونه

تشدید نمود. در این مقاله، همچنین از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی جهت پیشگویی درصد کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد به عنوان تابعی از زمان، میزان رطوبت، پیش تیمار و غلظت محلول اسمزی (ورودی‌های شبکه) در طی خشک کردن اسمزی تُرب استفاده گردید. نتایج نشان داد شبکه عصبی با آرایش ANN-II دارای 17 نرون در یک لایه پنهان و با استفاده از تابع فعال‌سازی تانزانت هیپربولیک در لایه پنهان و خروجی، به خوبی

4- نتیجه گیری

در این مطالعه اثر پیش تیمار و غلظت محلول اسمزی بر درصد اُفت وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی تُرب مورد بررسی قرار گرفت. کلیه متغیر ذکر شده بر مقدار خروج آب و مقدار ماده قندی جذب شده مؤثر هستند. با افزایش غلظت محلول اسمزی، مقدار رطوبت خارج شده از بافت تُرب افزایش می‌یابد که اعمال فراصوت این مسئله را

- Journal of Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*. 2014a,6(2):201-214.
- [10] Silva KS, Fernandes MA, Mauro MA. Effect of calcium on the osmotic dehydration kinetics and quality of pineapple. *Journal of Food Engineering*. 2014,134:37-44.
- [11] Vinod KJ, Vikrant C (2002). Neural networks approach to modeling food processing operations In: Irudayaraj, J. Food processing operations modeling: design and analysis. *Marcel Dekker, New York*. PP:1-3.
- [12] Salehi F, Razavi SMA. Dynamic modeling of flux and total hydraulic resistance in nanofiltration treatment of regeneration waste brine using artificial neural network. *Desalination and Water Treatment*. 2012,41:95-104.
- [13] Aghajani N, Kashaninejad M, Dehghani AA, Daraei Garmakhany A. Comparison between artificial neural networks and mathematical models for moisture ratio estimation in two varieties of green malt. *Journal of Quality Assurance Safety of Crops and Food*. 2012,4:93-101.
- [14] Kashiri M, Daraei Garmakhany A, Dehghani AA. Modelling of sorghum soaking using artificial neural networks (MLP). *Journal of Quality Assurance Safety of Crops and Food* 2012,4:179-184.
- [15] Ghahfarrokhi S, Daraei Garmakhany A, Kashaninejad M, Dehghani AA. Estimation of peroxidase activity in red cabbage by artificial neural network. *Journal of Quality Assurance Safety of Crops and Food*. 2013,5:163-167.
- [16] Mokhtarian M, Koushki F, Bakhshabadi H, Askari B, Daraei Garmakhany A, Rashidzadeh S. Feasibility investigation of using artificial neural network in process monitoring of pumpkin air drying. *Journal of Quality Assurance Safety of Crops and Food*. 2014b,6:191-199.
- [17] Lertworasirikul S, Saetan S. Artificial neural network modeling of mass transfer during osmotic dehydration of kaffir lime peel. *Journal of Food Engineering*. 2010,98:214-223.
- [18] Mateo F, Gadea R, Mateo EM, Jiménez M. Multilayer perceptron neural networks and radial-basis function networks as tools to forecast accumulation of deoxynivalenol in barley seeds contaminated with Fusarium
- قادر به پیشگویی پارامترهای خروجی (درصد کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد) با ضریب همبستگی بالا (به ترتیب 0/996 و 0/993) می باشد.

5- منابع

- [1] Tavakolipour H, Mokhtarian M. Drying of chilli pepper in various conditions. *Journal of Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*. 2014, In press.
- [2] Singh B, Kumar A, Gupta AK. Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. *Journal of Food Engineering*. 2007,79: 471-480.
- [3] Jayaraman KS. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. *International Journal of Food Science and Technology*. 1990,25: 47-60.
- [4] Feng H, Barbosa-Cánovas GV, Weiss J (2011). Ultrasound technologies for food and bioprocessing. *Springer, New York*. PP:511-534.
- [5] Sun DW (2005). Emerging technologies for food processing. *Elsevier, USA*. PP:323-325.
- [6] Fernandes FAN, Gallão MI, Rodrigues S. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*. 2009,90:186-190.
- [7] Ortuno C, Munuera PI, Puig A, Riera E, Perez J. Effect Influence of power ultrasound application on mass transport and microstructure of orange peel during hot air drying. *Journal of Physics Procedia*. 2010,3:153-159.
- [8] Rodrigues S, Francisca IP, Oliveira Gallão MI, Fernandes FAN. Effect of immersion time in osmosis and ultrasound on papaya cell structure during dehydration. *Journal of Drying Technology*. 2009,27:220-225.
- [9] Mokhtarian M, Heydari Majd M, Koushki F, Bakhshabadi H, Daraei Garmakhany A, Rashidzadeh SH. Optimisation of pumpkin mass transfer kinetic during osmotic dehydration using artificial neural network and response surface methodology modelling.

- pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *Journal of Lebensm Wiss Technology*. 2008,41:604-10.
- [24] García-Noguera J, Oliveira FIP, Gallão MI, Weller CL, Rodrigues S, Fernandes FAN. Ultrasound-Assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Dry Technology*. 2010,28:294-303.
- [25] Singh B, Kumar A, Gupta AK. Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. *Journal of Food Engineering*. 2007,79:471-480.
- [26] Eren I, Kaymak-Ertekin F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*. 2007,79:344-352.
- [27] Togrul I, Ispir, A. Effect on effective diffusion coefficients and investigation of shrinkage during osmotic dehydration of apricot. *Journal Energy Conversion and Management*. 2007,48:2611-2621.
- culmorum. *Journal of Food Control*. 2011,22:88-95.
- [19] Fernandes AM, Oliveira P, Moura JP, Oliveira AA, Falco V, Correia MJ, Melo-Pinto P. Determination of anthocyanin concentration in whole grape skins using hyperspectral imaging and adaptive boosting neural networks. *Journal of Food Engineering*. 2011,105:216-226.
- [20] Momenzadeh L, Zomorodian A, Mowla D. Experimental and theoretical investigation of shelled corn drying in a microwave-assisted fluidized bed dryer using artificial neural network. *Journal of Food and Bioproducts Processing*. 2011,89:15-21.
- [21] Goni SM, Oddone S, Segura JA, Mascheroni RH, Salvadori VO. Prediction of foods freezing and thawing times: artificial neural networks and genetic algorithm approach. *Journal of Food Engineering*. 2008,84:164-178.
- [22] AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. *Washington*.
- [23] Fernandes FAN, Gallão MI, Rodrigues S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound

Performance investigation of arrangement type of perceptron neural network to predict mass transfer kinetic of daikon ultrasound-osmotic dehydration

Mokhtarian, M.¹, Mahmoudi, M.², Maleki, M.³, Mahjoorian, A.^{4*}

1. Young Researchers and Elite Club, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

2. Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

3. Department of Food Science & Technology, Ayatollah Amoli Branch, Azad Islamic University, Amol, Iran

4. Young Researchers And Elite club, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

(Received: 94/4/10 Accepted: 94/8/17)

In this research, ultrasound-osmotic dehydration kinetic of daikon was predicted by different activation function of neural network such as logarithm sigmoid and tangent hyperbolic. Solid gain and water loss were selected as outputs and immersion time, concentration of osmotic solution, pretreatment type and moisture content were chosen as inputs. In this study, in order to achieve the best result in predicting ultrasound-osmotic parameters of daikon, different arrangements of the two types of neural network were used. The results showed that using arrangement of type II network with tangent hyperbolic activation function can be predicted daikon ultrasound-osmotic dehydration with higher performance than type I network arrangement. The best configuration of neural network was obtained with 17 neurons per hidden layer. This network was able to predict solid gain and water loss with R^2 values of 0.996 and 0.993. This innovative technique could be successfully applied for quantitative monitoring of daikon quality changes during ultrasound-osmotic dehydration process.

Keywords: Artificial neural network, Ultrasound, Osmotic dehydration, Mass transfer

* Corresponding Author E-Mail Address: pnamari@gmail.com