

## بهینه سازی فرآیند آبیگری اسمزی پرتقال با روش سطح پاسخ و تخمین پارامترهای آبیگری با کمک شبکه‌ی عصبی مصنوعی

عماد آیدانی<sup>۱</sup> - مهدی کاشانی نژاد<sup>۲\*</sup> - محسن مختاریان<sup>۳</sup> - حمید بخش آبادی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

### چکیده

در این تحقیق بهینه سازی فرآیند خشک کردن اسمزی برش‌های پرتقال با هدف بیشینه کردن کاهش آب و کمینه نمودن جذب مجدد آب و مقدار رطوبت نهایی توسط روش سطح پاسخ انجام گرفت. اثرات سه فاکتور دمای محلول اسمزی در محدوده ۳۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان تماس محصول و محلول اسمزی در محدوده ۰ تا ۳۰۰ دقیقه و غلظت ساکارز در محلول اسمزی در محدوده ۳۵ تا ۶۵ درجه بریکس با کمک طرح مرکب مرکزی بر روی پارامترهای کاهش آب، جذب مواد جامد، نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد، میزان رطوبت نهایی و اختلاف بریکس بررسی گردید. بررسی نتایج نشان داد شرایط بهینه برای فرآیند آبیگری اسمزی زمانی ایجاد می‌شود که دمای محلول اسمزی ۳۰°C، مدت زمان تماس محصول و محلول اسمزی ۲۲۹/۲ دقیقه و غلظت محلول اسمزی ۶۵ درصد ساکارز باشد. در شرایط بهینه شاخص‌های کاهش آب، درصد جذب مواد جامد، نسبت کاهش آب به درصد جذب مواد جامد، محتوای رطوبت نهایی (مبنای خشک) و اختلاف بریکس به ترتیب ۳۰/۳۱۶٪، ۱۳/۵۱٪، ۴۵/۴۵٪، ۲/۷۷ و ۱۵/۷۹ درجه بریکس محاسبه گردید. همچنین نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که شبکه‌ی عصبی پرسپترون با یک لایه‌ی پنهان نتایج بهتری را در پیش بینی پارامترهای آبیگری داشته و این شبکه توانست مقادیر جذب مواد جامد و محتوی رطوبت را با ۵ نرون در لایه‌ی پنهان (ضریب تبیین به ترتیب ۰/۹۳۷ و ۰/۹۵۹) و اختلاف بریکس و کاهش آب را با ۳۰ نرون در لایه‌ی پنهان (ضریب تبیین به ترتیب ۰/۹۶۱ و ۰/۹۴۲) پیش بینی نماید.

**واژه‌های کلیدی:** آبیگری اسمزی، روش سطح پاسخ، شبکه‌ی عصبی مصنوعی

### مقدمه

بعنوان شاخص کیفیت محصول مد نظر قرار می‌گیرند و هدف و هنر متخصصین صنایع غذایی ارائه و اجرای روش‌هایی است که به تولید محصول با کمترین تغییرات ناخواسته و با بهترین کیفیت از نظر ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای بینجامد. فرآیند اسمز به دلیل حفظ پایداری، ایجاد کیفیت بالا، اصلاح خصوصیات کاربردی و کاهش مصرف انرژی، علاقه محققین را در طی سالهای اخیر، بیش از پیش به خود جلب کرده است (Kar and Gupta, 2001). آبیگری اسمزی عبارتست از خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی یا حیوانی بوسیله تماس مستقیم آنها با یک محلول غلیظ مناسب (مانند محلولهای غلیظی از قندها، نمکها یا مخلوطهایی از نمک و قند) (Lazarides, 1999). 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 بعنوان یک غشاء نیمه تراوا عمل می‌کند و به علت وجود گرادیان غلظت بین محلول اسمزی (که دارای فشار اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کمتری است) و مایعات داخل سلولی

تولید جهانی پرتقال ۱۷۲۵۳۲۲۵۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ برآورد شده است که سهم ایران از این تولید، ۲۶۱۹۷۳۵ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2008). 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. حفظ ارزش تغذیه‌ای و قابلیت سرعت جذب آب مجدد محصول خشک شده دو پارامتری است که

۱ - دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

۲ - دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
\* - نویسنده مسئول: (Email: kashaninejad@yahoo.com)

بهبود سازی شرایط اسمز میوه انبه، بریده های این میوه را تحت تأثیر ۴ تیمار ضخامت برش ها، زمان، غلظت و دما قرار دادند. نتایج نشان داد که شرایط بهینه برای آبیگری اسمزی برای دفع آب ۳۰٪، جذب مواد جامد ۸ درصد و رطوبت نهایی ۷۰ درصد می باشد (Madamba and Lopez, 2002). در بررسی دیگر تأثیر شرایط فرآیند آبیگری اسمزی بر ویژگیهای کیفی قطعات سیب خشک شده توسط سیستم هوای داغ مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش از دو محلول اسمزی ساکارز و گلوکز با غلظتهای متفاوت استفاده شد و مشخص گردید که نمونه های تیمار شده در محلول گلوکز در مراحل اولیه خشک کردن رطوبت بیشتری از دست داده اند ولی نمونه های تیمار شده با محلول ساکارز میزان کاهش آب آنها کمتر بوده است. همچنین در اثر استفاده از محلول اسمزی حاوی گلوکز پدیده سخت شدن پوسته بیشتر مشاهده شد (Mandala et al., 2004). ارن و کایمک ارتکین (۲۰۰۷) بهینه سازی فرآیند آبیگری اسمزی سیب زمینی را به روش سطح پاسخ بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که نقاط بهینه برای دفع آب، جذب مواد جامد، کاهش وزن و فعالیت آبی به ترتیب ۵۹/۱ (گرم در هر ۱۰۰ گرم نمونه اولیه)، ۶/۰ (گرم در هر ۱۰۰ گرم نمونه اولیه)، ۵۲/۹ (گرم در هر ۱۰۰ گرم نمونه اولیه) و ۰/۷۸۵ می باشد.

هدف از این مطالعه تعیین شرایط بهینه خشک کردن اسمزی پرتقال از لحاظ بیشینه نمودن درصد کاهش آب و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد و کمینه نمودن درصد جذب مواد جامد و محتوی رطوبت نهایی (مبنای خشک) می باشد که این روش به دلیل کوتاه کردن فرآیند خشک کردن می تواند به صورت ترکیبی با سایر روش های خشک کردن نظیر خشک کردن تحت خلا و خشک کردن کابینتی زمان خشک کردن را کوتاه و از افت کیفیت محصول کاسته و مصرف انرژی را به حداقل ممکن برساند. همچنین در این پژوهش مقادیر جذب مواد جامد، کاهش آب، اختلاف بریکس و محتوی رطوبت به عنوان پارامترهای اصلی در فرآیند آبیگری توسط شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی گردد.

## مواد و روش ها

### آماده سازی ماده اولیه

برای انجام این آزمایش پرتقال یافا خونی با واریته سانجین<sup>۳</sup> از بازار محلی خریداری گردید. نمونهها در طول مدت انجام آزمایش در سردخانه مناسب نگهداری گردید. پرتقال های مورد استفاده دارای رطوبت اولیه ۸۶/۶۱ درصد بر مبنای تر و قطر آنها ۶/۵ سانتیمتر بود. رطوبت نمونهها مطابق روش (AOAC, 1990) از طریق قرار دادن

نیروی محرک لازم برای خروج آب از ماده غذایی به داخل محلول اسمزی ایجاد می شوند (Jayaraman, 1990; Lazarides, 1999). امروزه شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار قدرتمند نقش مهمی در پیش بینی پارامترهای فرآیند ایفا می نماید. چندین تحقیق در زمینه ی کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی فرآیندهای مختلف انجام گرفت ولی هیچ گونه پژوهشی در زمینه ی آبیگری اسمزی پرتقال صورت نگرفته است. گروهی از محققین مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی انتقال جرم در طی آبیگری اسمزی پوست لیموی آفریقایی<sup>۱</sup> را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت مواد جامد و دمای فرآیند میزان محتوی رطوبتی کاهش و دفع آب و جذب مواد جامد نیز افزایش می یابد. نتایج پیش بینی میزان دفع آب و جذب مواد جامد توسط شبکه عصبی پیش روند چند لایه با سه ورودی (دما، زمان غوطه وری در محلول اسمزی و غلظت مواد جامد) نشان داد که بهترین شبکه با کمترین مجموع مربعات خطا برابر ۰/۰۰۶۶ و بیشترین میانگین ضریب رگرسیون ۰/۹۷۲۵ با یک لایه مخفی و پنج نرون با بکارگیری الگوریتم لونیبرگ-مارگوارت به عنوان الگوی یادگیری بدست آمد (Lertworasirikul and Saetan, 2010). گروه دیگری از محققین مقایسه ژنتیک الگوریتم و شبکه عصبی را در فرآیند خشک کردن هویج مورد بررسی قرار دادند (Erenturk and Erenturk, 2007). پژوهش های زیادی در زمینه ی بکارگیری پیش تیمار اسمزی در خشک کردن مواد غذایی مختلف انجام شده است که در زیر به بررسی آنها می پردازیم.

گروهی از محققین تأثیر نیروی اولتراسوند را بر انتقال جرم و ویژگی های ریز ساختاری پوست پرتقال در طی خشک کردن با هوای داغ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سینتیک خشک کردن پوست پرتقال توسط بکارگیری اولتراسوند معنادار است. همچنین نتایج حاکی از آن بود که ضرایب انتقال جرم و انتشار مؤثر آب افزایش معناداری می یابد (Ortuño et al., 2010). در بررسی دیگر تعدادی از محققین سینتیک خشک کردن پوست پرتقال را با کمک خشک کن خورشیدی با جابجایی اجباری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سرعت خشک کردن پوست پرتقال وابسته به دما و سرعت هوا بود. همچنین در این روش محتوی رطوبتی در طی یک روز از ۷۶ به ۱۳ درصد رسید (Ben Slama and Combarous., 2011). تعدادی از پژوهشگران تأثیر مدل سازی آبیگری و باز آبیوشی برش های پرتقال به صورت خشک کردن ترکیبی مایکروویو و هوای داغ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بکارگیری روش مایکروویو سبب بیشترین کاهش زمان خشک کردن گردید (Ruiz Diaz et al., 2003). در پژوهش دیگر برای

لازم برای آبیگری اسمزی بریکس نمونه تعیین گردید. میزان افزایش بریکس نمونه‌ها از طریق معادله ۱ محاسبه گردید:

$$\Delta_{BX} = A - B \quad (1)$$

$\Delta_{BX}$  = اختلاف بریکس نمونه‌ها

A = بریکس نمونه اسمز شده یا بریکس ثانویه (در مدت زمان لازم)  
B = بریکس نمونه قبلی یا بریکس اولیه در صورت قرار گرفتن در محلول اسمزی

### روش آماده سازی محلولها و انجام آزمایشات

محلول‌هایی از ساکارز (درجه خلوص حدود ۹۸/۵ درصد) با غلظت‌های وزنی متفاوت تهیه گردید. غلظت محلولهای ساکارز ۳۵٪، ۵۰٪ و ۶۵٪ (وزنی/وزنی) انتخاب گردید. در آزمایشها نسبت وزنی نمونه به محلول اسمزی ۱ به ۱۰ انتخاب شدند و آزمایشها در شرایط یکسان و به شیوه هم زدن دستی (یک دور در هر ۵ دقیقه) انجام گرفت. میزان کاهش آب<sup>۲</sup> و درصد جذب مواد جامد<sup>۳</sup> برشها بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف (قبل از آبیگری اسمزی، بعد از اسمز و بعد از خشک کردن در آون) از طریق معادلات ۲ و ۳ محاسبه گردید (Chenlo et al., 2006a).

$$SG = \frac{W_t S_t - W_0 S_0}{W_0} \times 100 \quad (2)$$

$$WL = \frac{W_0 X_0 - W_t X_t}{W_0} \times 100 \quad (3)$$

که در این معادلات SG میزان جذب ماده جامد (٪)،  $S_0$  مقدار ماده جامد نمونه اولیه (gr)،  $S_t$  مقدار ماده جامد نمونه آبیگری شده (gr)،  $W_0$  جرم اولیه نمونه (gr)، WL میزان خروج آب (٪)،  $W_t$  جرم نمونه آبیگری شده (gr)،  $X_0$  رطوبت اولیه نمونه (٪) و  $X_t$  رطوبت نمونه آبیگری شده (٪) می باشد.

### روش تعیین نقشه آزمایش‌ها

در این بررسی محدوده متغیرها با توجه با اهداف مورد نظر یعنی بیشینه نمودن کاهش آب و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد و کمینه نمودن جذب مواد جامد و محتوی رطوبت تعیین گردید. در این آزمایش دمای محلول اسمزی در محدوده ۳۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد در سه سطح دمایی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی گراد، مدت زمان تماس محصول و محلول اسمزی در محدوده ۰ تا ۳۰۰ دقیقه در سطوح ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ دقیقه و غلظت ساکارز در محلول اسمزی در محدوده ۳۵ تا ۶۵ در سه سطح غلظت ۳۵، ۵۰ و ۶۵ درجه بریکس تعیین گردید.

نمونه‌ها در آون معمولی و دمای  $10.2 \pm 0.5$  درجه سانتی گراد تا دستیابی به وزن ثابت اندازه گیری شدند. برای تعیین قطر میانگین پرتقالها ابتدا تعدادی پرتقال به طور تصادفی از میان جامعه آماری مورد نظر جدا گردید و سپس قطر آنها توسط کولیس اندازه گیری و قطر متوسط بدست آمد.

### فرآیند خشک کردن اسمزی

جهت انجام فرآیند خشک کردن اسمزی پرتقال ابتدا نمونه توسط یک کاتر تیز به ضخامت  $5 \pm 0.2$  میلی متر به صورت ورقه ورقه بریده شد. سپس با استفاده از یک کولیس ضخامت برشها کنترل گردید. در آزمایش سعی شد میوه‌های پرتقالی که دارای اندازه‌های متوسط و دارای بافت سفت و مناسب هستند استفاده گردد. شرایط فرآیند اسمزی شامل دمای محلول اسمزی در محدوده ۳۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد در سه سطح دمایی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی گراد، مدت زمان تماس محصول و محلول اسمزی در محدوده ۰ تا ۳۰۰ دقیقه در سطوح ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ دقیقه و غلظت ساکارز در محلول اسمزی در محدوده ۳۵ تا ۶۵ در سه غلظت ۳۵، ۵۰ و ۶۵ درجه بریکس تعیین گردید. برشها پس از تهیه، توزین و بلافاصله مورد استفاده قرار گرفتند. در این مرحله سعی شد تا برشها در کنار یکدیگر و درون ظرف‌های مخصوص (جعبه‌های شفاف روزنه دار) قرار گیرند (شکل ۱). بعد از طی شدن زمان آبیگری نمونه‌ها از محلول خارج شده و سطح آنها با آب مقطر شسته شد و بر روی یک کاغذ صافی جهت جذب شدن آب سطحی قرار گرفت، سپس مجدداً نمونه‌ها توزین گردید. برای تعیین میزان رطوبت و ماده خشک، یک قطعه از نمونه در داخل آون در دمای  $10.2 \pm 0.5$  درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد.



شکل ۱- شماتیک آبیگری اسمزی پرتقال

### تعیین بریکس نمونه

در ابتدای آزمایش یک برش از پرتقال تهیه و بریکس آن در دستگاه رفاکتومتر مدل (ABBE)<sup>۱</sup> تعیین گردید. پس از مدت زمان

2 -Water loss (WL)

3 -Solid gain (SG)

4-Central Composite Design (CCD)

1 -ABBE Refractometer

جدول ۱- متغیرهای مستقل و غیر مستقل در فرآیند آبیگری اسمزی

شماره آزمون	متغیرهای مورد بررسی			پاسخ ها		غلظت ساکارز (X <sub>3</sub> ) (%)	دمای محلول اسمزی (X <sub>2</sub> ) (°C)	زمان تماس (X <sub>1</sub> ) (min)
	WL (%)	SG (%)	WL/SG	Δ <sub>BX</sub>	رطوبت نهایی (مبنای خشک)			
1	26.3	16	1.64	18.6	2.64	50 (0)	45 (0)	150 (0)
2	26.3	16	1.64	18.6	2.64	50 (0)	45 (0)	150 (0)
3	26.3	16	1.64	18.6	2.64	50 (0)	45 (0)	150 (0)
4	0	0	0	0	6.35	35 (-1)	60 (1)	0 (-1)
5	21.5	16.3	1.32	16.7	2.63	35 (-1)	60 (1)	300 (1)
6	52.9	36.9	1.43	47.1	1.12	65 (1)	60 (1)	300 (1)
7	26.3	16	1.64	18.6	2.64	50 (0)	45 (0)	150 (0)
8	26.3	16	1.64	18.6	2.64	50 (0)	45 (0)	150 (0)
9	31.8	25.3	1.25	25.2	1.65	50 (0)	45 (0)	300 (1)
10	28.8	14.2	2.03	14.3	2.83	65 (1)	30 (-1)	300 (1)
11	0	0	0	0	6.62	50 (0)	45 (0)	0 (-1)
12	15.02	7.8	1.92	11.7	4.04	35 (-1)	45 (0)	150 (0)
13	11.4	9.4	1.21	10.3	3.79	35 (-1)	30 (-1)	300 (1)
14	0	0	0	0	6.64	65 (1)	60 (1)	0 (-1)
15	34.5	19.6	1.75	22.6	2.04	50 (0)	60 (1)	150 (0)
16	0	0	0	0	5.47	35 (-1)	30 (-1)	0 (-1)
17	0	0	0	0	6.8	65 (1)	30 (-1)	0 (-1)
18	26.3	16	1.64	18.6	2.64	50 (0)	45 (0)	150 (0)
19	19.8	8.05	2.45	9.8	3.86	50 (0)	30 (-1)	150 (0)
20	31.7	16.5	1.92	20.4	2.2	65 (1)	45 (0)	150 (0)

جدا پذیرند می باشد. از این رو تعداد نرون های لایه مخفی عموماً بطور تجربی بدست می آید. هر نرون توسط خروجی خود به نرون های لایه بعد متصل می گردد، ولی با نرون های لایه خودش ارتباط ندارد. خروجی هر نرون توسط رابطه زیر تعریف می گردد:

$$a = f \left( \sum_{i=1}^n p_i w_{ji} + b_j \right) \quad (4)$$

در این رابطه  $w_{ji}$  مقدار وزن اتصال بین نرون  $j$  ام لایه مذکور با نرون  $i$  ام لایه قبل است که بیانگر اهمیت ارتباط بین دو نرون در دو لایه متوالی می باشد،  $b_j$  وزن مربوط به بایاس<sup>۱</sup> برای نرون  $j$  ام،  $p_i$  مقدار خروجی از نرون  $i$  ام لایه قبل،  $a$  مقدار خروجی از نرون  $j$  ام و  $f$  تابع آستانه نرون  $j$  ام.

توابع زیادی در انتقال اعداد از لایه قبل به لایه بعد ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. از جمله می توان به توابع زیگموئید، گوس، تانژانت هیپربولیک، تابع همانی<sup>۲</sup> و سکانت هیپربولیک را نام برد. ولی تابع زیگموئیدی بیشترین استفاده را در مسائل مهندسی دارد. این تابع به صورت زیر می باشد:

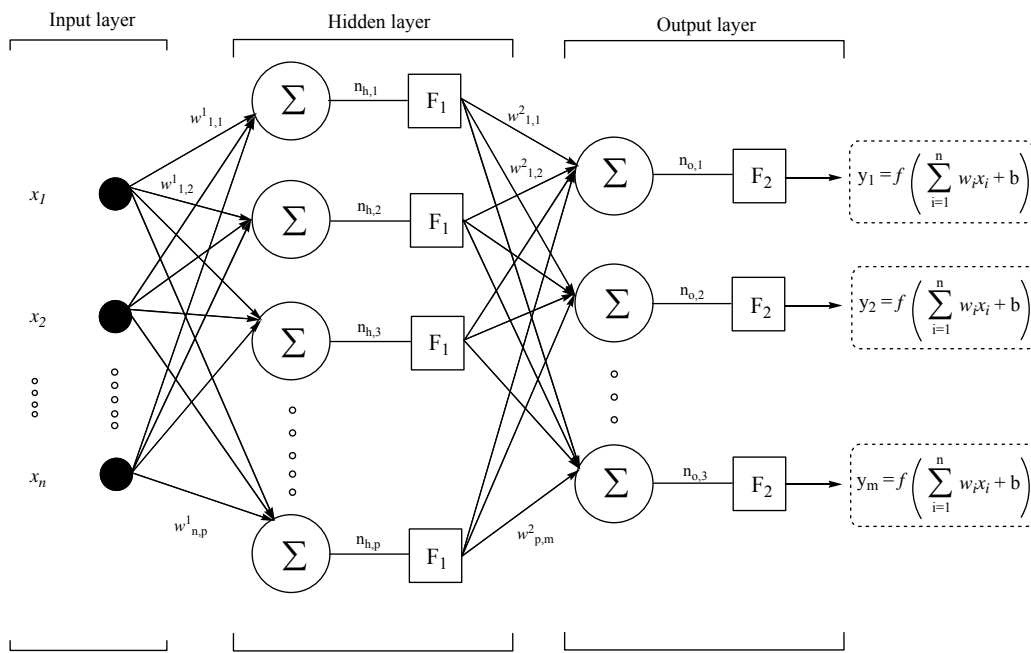
نقشه کلی آزمایشات به کمک نرم افزار Design Expert Ver. 8.0 با استفاده از مدل CCD<sup>۵</sup> انجام گردید. نقشه آزمایشات طراحی شده در جدول ۱ نمایش داده شده است.

#### شبکه‌ی عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی متشکل از مجموعه ای از نرونها با ارتباطات داخلی بین یکدیگر می باشد که قادر است بر اساس اطلاعات و داده های ورودی، جواب های خروجی را تخمین بزند. شبکه های عصبی معمولاً به صورت لایه لایه و منظم ایجاد می گردند. اولین لایه که اطلاعات و داده های ورودی به آن وارد می گردد لایه ورودی نامیده می شود. لایه های میانی لایه های مخفی و آخرین لایه که جواب های خروجی از مدل را فراهم می نماید لایه خروجی نامیده می گردد. ساده ترین و معمول ترین نوع شبکه عصبی که در بسیاری از علوم مهندسی از جمله تحقیق حاضر استفاده می گردد، شبکه عصبی چند لایه پرسپترون همراه با ناظر که از روش پس انتشار خطا برای آموزش کمک می گیرد، می باشد. در این شبکه تعداد نرون های لایه ورودی برابر با تعداد عناصر بردار ورودی و تعداد نرون های لایه خروجی برابر با تعداد عناصر بردار خروجی می باشد. آنالیز دقیق و واقعی برای پیدا کردن تعداد نرون های لایه میانی در کل بسیار پیچیده است. اما می توان گفت که تعداد نرون های لایه میانی تابعی از عناصر برداری ورودی و همچنین حداکثر تعداد نواحی از فضای ورودی که به طور خطی از هم

1 -Bias

2 -Identity function



شکل ۲- ساختار شماییک شبکه‌ی عصبی پرسپترون در تخمین پارامترهای اسمزی پرتقال

## نتایج و بحث

### تأثیر متغیرها بر درصد کاهش آب

نتایج تجزیه رگرسیون خشک کردن اسمزی پرتقال نشان داد که اثرات درجه دوم فاکتورهای مورد بررسی (زمان تماس محلول اسمزی و محصول، غلظت محلول اسمزی و دمای محلول اسمزی) بر درصد کاهش آب معنادار است ( $P < 0.05$ ). رابطه بین زمان تماس محلول اسمزی و محصول با دمای محلول اسمزی بیانگر افزایش میزان خروج آب از محصول می باشد. این حالت به وضوح در شکل ۱ نشان داده شده است. در واقع با افزایش زمان تماس، عوامل اسمزی قادر خواهند بود به میزان بیشتری در بافت پرتقال نفوذ نمایند و در مقابل میزان آب بیشتری از بافت خارج شود. بدیهی است که این مسئله تا زمانی صورت می گیرد که تعادل بین خروج آب از محصول و نفوذ عوامل اسمزی به درون آن ایجاد شود. نتایج نشان داد که در زمان ۱۵۰ دقیقه و دمای  $45^{\circ}\text{C}$  میزان کاهش آب  $21/0971$  درصد جرم اولیه بوده و در زمان ۲۲۵ دقیقه و دمای  $52/2^{\circ}\text{C}$  میزان خروج آب  $34/303$  درصد جرم اولیه می باشد. همچنین نتایج تأثیر غلظت محلول اسمزی با زمان تماس محصول و محلول اسمزی روندی مشابه قبل را نشان داد. تأثیر فاکتورهای دما و غلظت محلول اسمزی نیز روی میزان خروج آب صعودی بود که این موضوع در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات امام جمعه و علاءالدینی (۱۳۸۴) و Mavroudis & Lazarides (۱۹۹۶) مطابقت

$$f(z) = \frac{1}{1 + \exp(-z)} \quad (5)$$

غلظت محلول اسمزی (C)، دمای محلول اسمزی (T) و زمان غوطه وری (t) به عنوان ورودی و جذب مواد جامد، کاهش آب، محتوی رطوبت نهایی و اختلاف بریکس به عنوان خروجی های فرآیند مورد استفاده قرار گرفتند.

بنابراین مدل شبکه عصبی مصنوعی بر اساس سه ورودی و چهار خروجی طراحی گردید. همانطور که مشاهده می گردد شکل ۲ ساختار شماییک شبکه‌ی عصبی پرسپترون را نشان می دهد.

برای تعیین بهترین چیدمان شبکه از دو معیار ضریب تبیین ( $R^2$ ) و خطای مربعات میانگین (MRE) استفاده می شود که هدف به ترتیب بیشینه و کمینه نمودن پارامترهای فوق می باشد. این معیارها توسط معادلات ۶ و ۷ محاسبه می شوند.

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

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_{ANNi} - P_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (\bar{P}_{ANN} - MR_{ANNi})^2} \right] \quad (7)$$

در این معادلات،  $P_{ANN}$  مقدار پیش بینی شده برای پارامترهای خروجی از شبکه،  $P_E$  مقادیر داده های تجربی بدست آمده از آزمایش و N تعداد مشاهدات می باشد (Poonnoy et al., 2006).

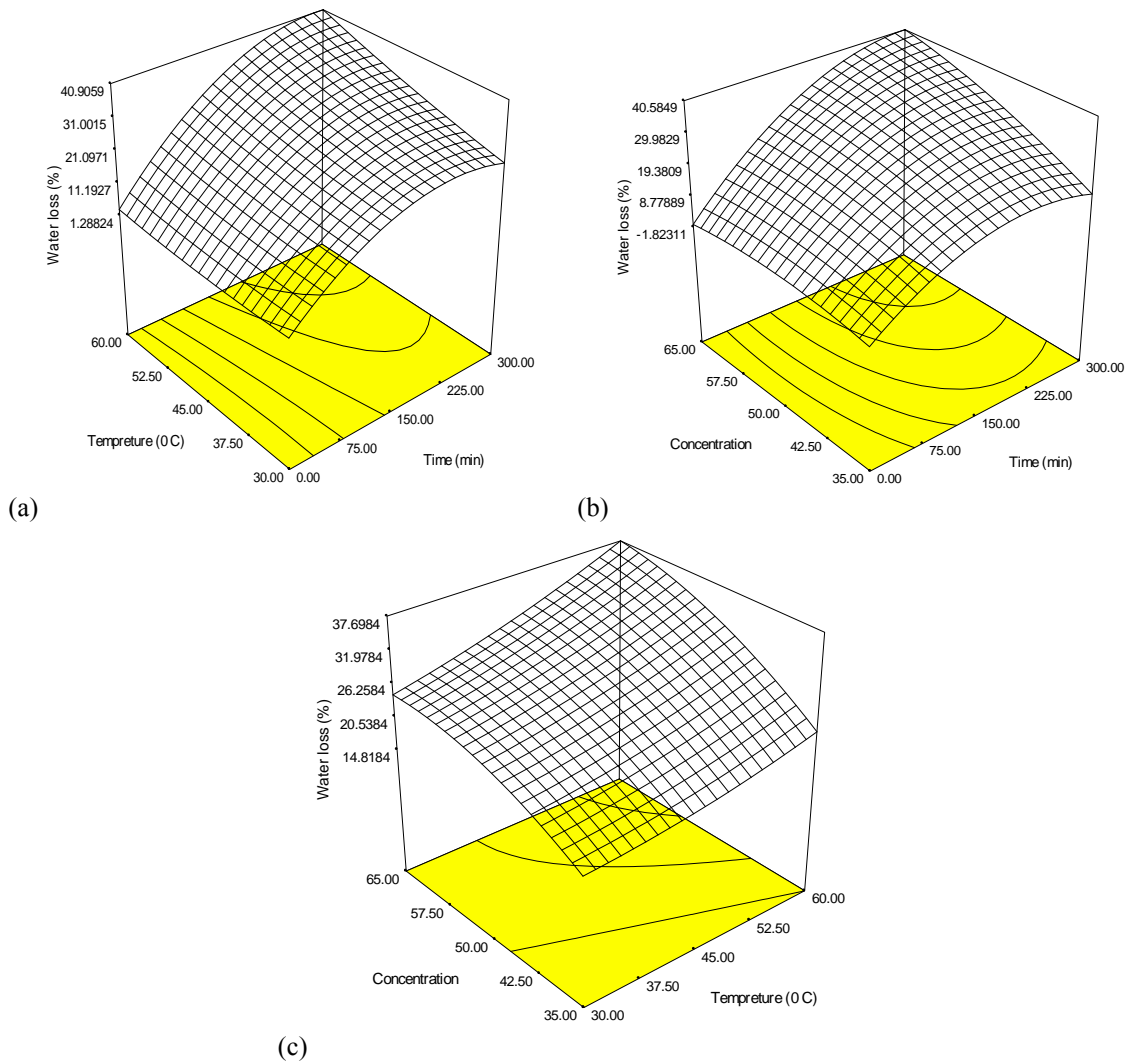
اثرات خطی و درجه دوم فاکتورهای مورد بررسی بر درصد جذب مواد جامد معنادار است ( $P < 0.05$ ). رابطه بین زمان تماس محلول اسمزی و محصول با دمای محلول اسمزی بیانگر افزایش درصد جذب مواد جامد محصول اولیه می باشد. این حالت به وضوح در شکل ۲ نشان داده شده است. علت این پدیده این است که انتشار یک پدیده وابسته به دما است و رابطه ضریب انتشار با دما رابطه‌ای از نوع آرنیوس می باشد و دمای بالاتر باعث انتشار سریعتر آب در ماده غذایی می شود و همچنین به علت کمتر شدن ویسکوزیته محلول اسمزی در دمای بالاتر انتقال جرم در سطح ماده غذایی بهتر صورت می گیرد (Lazarides and Mavroudis, 1996).

دارد. علت اینکه با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان آب بیشتری از نمونهها خارج می شود این است که با افزایش غلظت محلول اسمزی فشار اسمزی محلول غلیظ تر افزایش می یابد و در نتیجه نیاز به جریان حجم بیشتری از آب در جهت رسیدن به تعادل است (Islam and Flink, 1982). تحقیقات اخیر نشان داده است که افزایش غلظت محلول اسمزی منجر به افزایش درصد کاهش آب می شود (Chenlo *et al.*, 2006b). معادله تاثیر زمان تماس محصول و محلول اسمزی، دما و غلظت محلول اسمزی روی شاخص درصد کاهش آب برای داده های کُد شده در زیر نشان داده شده است.

### تاثیر متغیرها بر درصد جذب مواد جامد

نتایج تجزیه رگرسیون خشک کردن اسمزی پرتقال نشان داد که

$$WL = 26.25 + 14.65 X_1 + 4.88 X_2 + 6.56 X_3 - 10.22 X_1^2 + 1.03 X_2^2 - 2.76 X_3^2 + 4.27 X_1X_2 + 6.11 X_1X_3 + 1.74 X_2X_3, (R^2 = 0.9598)$$



شکل ۱- نمودارهای سه بعدی: (a) تاثیر دما و زمان، (b) غلظت و زمان، و (c) غلظت و دما بر درصد کاهش آب نمونه پرتقال

معادله تاثیر زمان تماس محصول و محلول اسمزی، دما و غلظت محلول اسمزی روی شاخص درصد جذب مواد جامد برای داده های کُد شده در زیر نشان داده شده است.

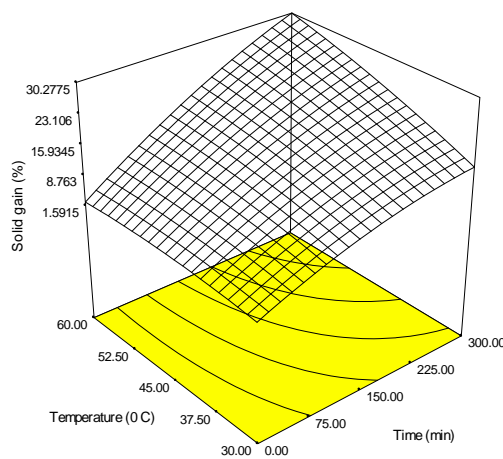
### جامد نمونه پرتقال

#### تاثیر متغیرها بر نسبت دفع آب به جذب مواد جامد

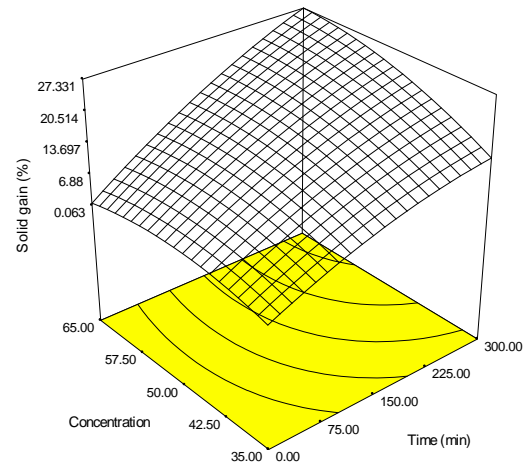
نتایج تجزیه رگرسیون خشک کردن اسمزی پرتقال نشان داد که اثرات درجه دوم فاکتورهای مورد بررسی روی نسبت دفع آب به جذب مواد جامد معنادار است ( $P < 0.05$ ).

$$SG = 15.57 + 10.22 X_1 + 4.13 X_2 + 3.42 X_3 - 2.28 X_1^2 - 1.07 X_2^2 - 2.78 X_3^2 + 3.71 X_1X_2 + 3.19 X_1X_3, \quad (R^2 = 0.9662)$$

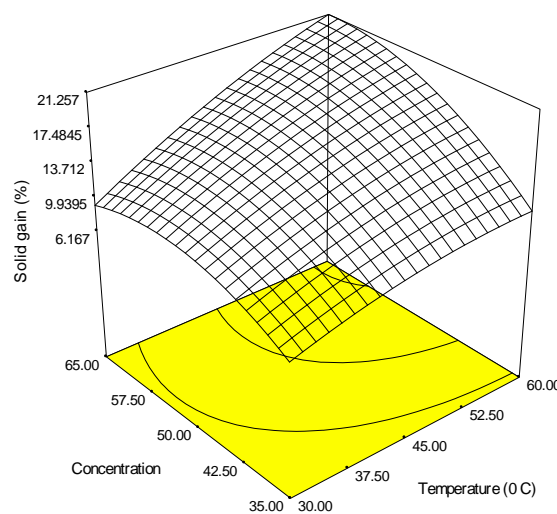
نتایج نشان داد که در زمان ۱۵۰ دقیقه و دمای ۴۵ °C درصد جذب مواد جامد ۱۵/۹۳ درصد جرم اولیه بوده و در زمان ۲۲۵ دقیقه و دمای ۵۲/۲ °C میزان جذب مواد جامد ۲۰/۷۱ درصد جرم اولیه می‌باشد. همچنین نتایج تاثیر غلظت محلول اسمزی با زمان تماس محصول و محلول اسمزی روندی مشابه قبل را نشان داد. تاثیر فاکتورهای دما و غلظت محلول اسمزی نیز بر درصد جذب مواد جامد صعودی بود که این موضوع در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج این پژوهش با نتایج محققانی همچون امام جمعه و علاء الدینی (۱۳۸۴)، Torreggiani و همکاران (۱۹۹۹) و Lazarides و Mavroudis (۱۹۹۶) و Chenlo و همکاران (۲۰۰۶b) مطابقت دارد.



(a)



(b)



(c)

شکل ۲- نمودارهای سه بعدی: (a) تاثیر دما و زمان، (b) غلظت و زمان و (c) غلظت و دما بر درصد جذب مواد

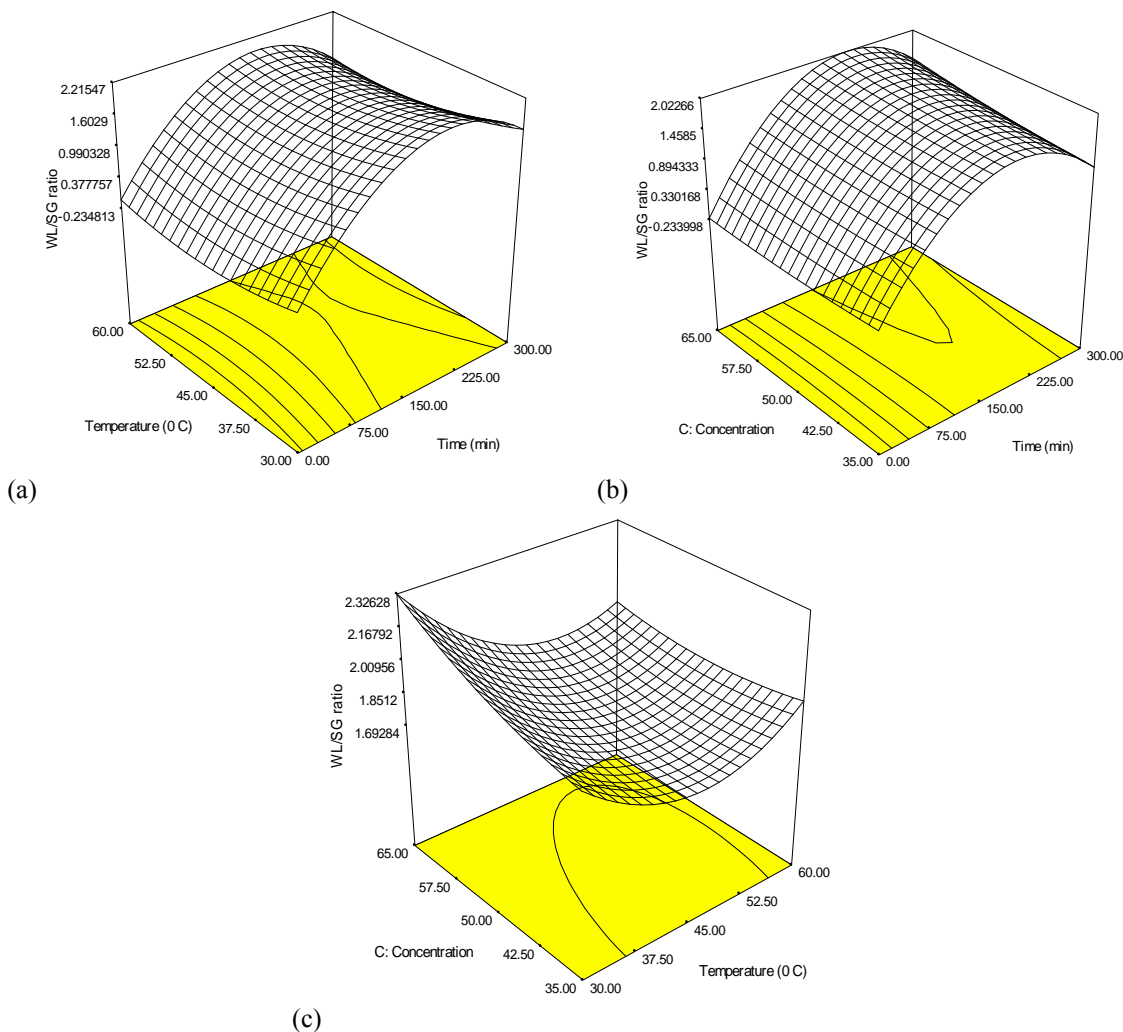
معنادار است ( $P < 0.05$ ). نمودار تاثیر دما و زمان محلول گذاری محصول روی اختلاف بریکس نشان داد که با افزایش دما و گذر زمان میزان اختلاف بریکس محصول نهایی نسبت به محصول اولیه افزایش می یابد؛ به طوری که اختلاف بریکس در دمای  $45^{\circ}\text{C}$  و زمان  $150$  دقیقه  $17/0987$  درجه بریکس و در دمای  $52/5^{\circ}\text{C}$  و زمان  $225$  دقیقه  $22/6231$  درجه بریکس می باشد. علت این پدیده بدلیل کمتر شدن ویسکوزیته محلول اسمزی در دمای بالاتر و در نتیجه انتقال بهتر جرم در سطح ماده غذایی می باشد (Lazarides and Mavroudis, 1996).

رابطه بین زمان تماس محلول اسمزی و محصول با دمای محلول اسمزی بیانگر افزایش نسبت دفع آب به جذب مواد جامد می باشد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش دما و غلظت محلول اسمزی نیز سبب افزایش نسبت دفع آب به جذب مواد جامد می گردد. معادله تاثیر زمان تماس محصول و محلول اسمزی، دما و غلظت محلول اسمزی روی شاخص کاهش آب به جذب مواد جامد برای داده های کُد شده در زیر نشان داده شده است.

### تاثیر متغیرها بر اختلاف بریکس

نتایج تجزیه رگرسیون خشک کردن اسمزی پرتقال نشان داد که اثرات خطی و درجه دوم فاکتورهای مورد بررسی بر اختلاف بریکس

$$WL/SG = 1.74 + 0.73 X_1 - 0.12 X_2 + 0.093 X_3 - 1.24 X_1^2 + 0.24 X_2^2 + 0.053 X_3^2 - 0.062 X_1 X_2 + 0.12 X_1 X_3 - 0.089 X_2 X_3, (R^2 = 0.9660)$$



شکل ۳- نمودارهای سه بعدی: (a) تاثیر دما و زمان، (b) غلظت و زمان، و (c) غلظت و دما بر نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد نمونه پرتقال

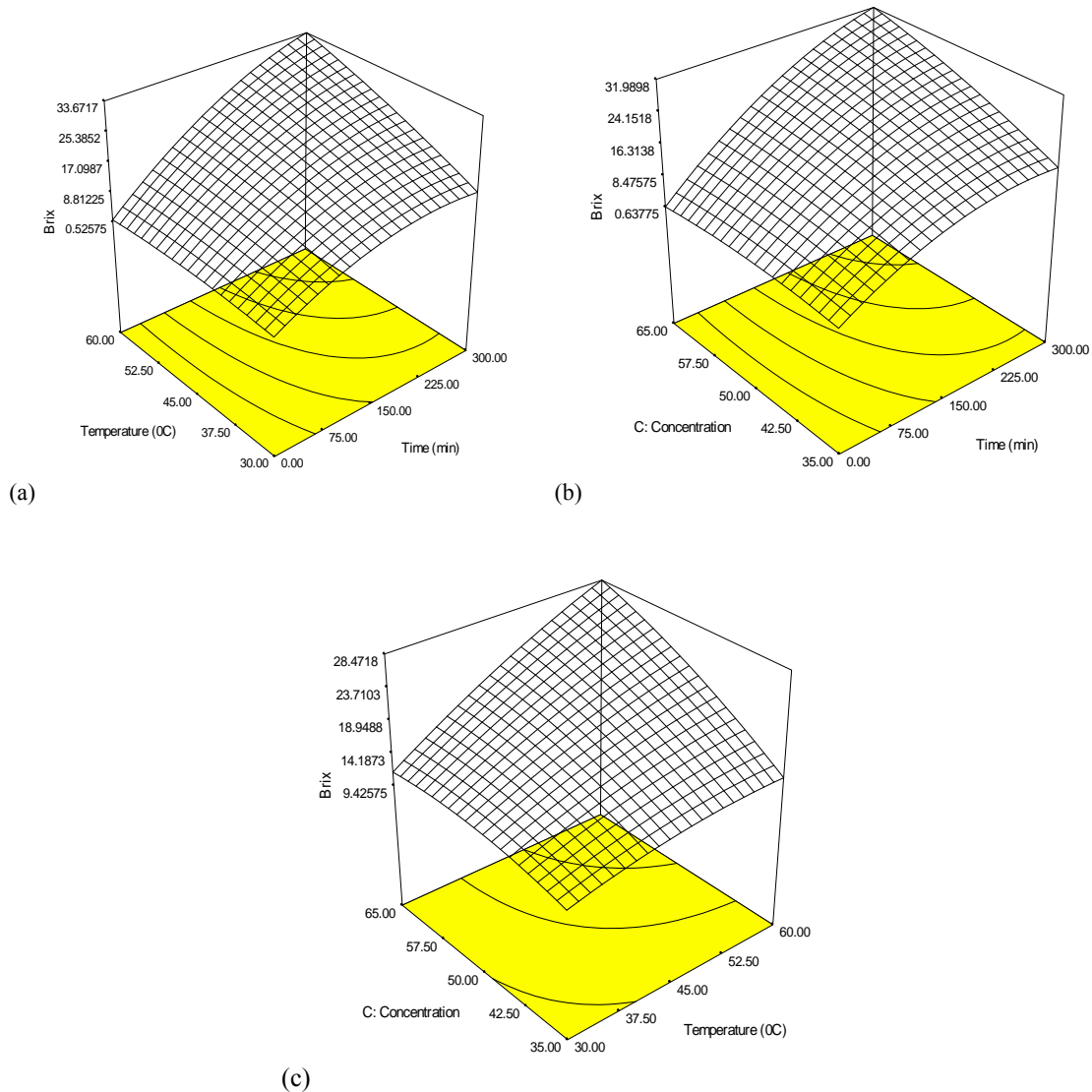


### تأثیر متغیرها بر محتوای رطوبت نهایی

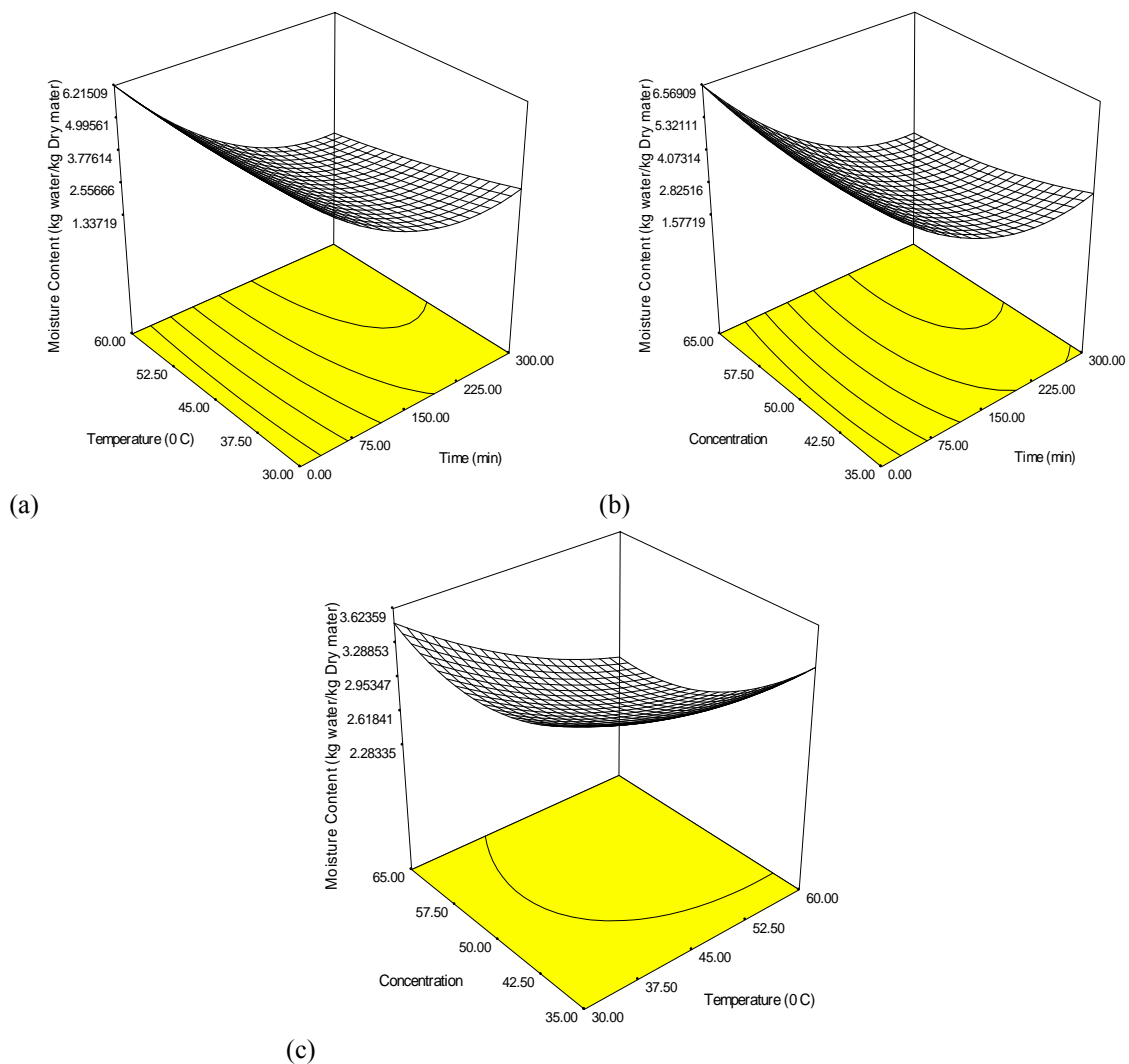
نتایج تجزیه رگرسیون خشک کردن اسمزی پرتقال نشان داد که اثرات درجه دوم فاکتورهای مورد بررسی بر محتوای رطوبت نهایی (مبنای خشک) معنادار است ( $P < 0.05$ ). بررسی نتایج تأثیر دمای محلول اسمزی و زمان محلول گذاری محصول روی میزان رطوبت نهایی محصول نشان داد که با افزایش دما و زمان میزان رطوبت نهایی کاهش می یابد (شکل ۵). علت این پدیده این است که بخش قابل ملاحظه‌ای از خروج رطوبت از ماده غذایی در اثر انتشار مایع یا بخار آب در داخل ساختمان محصول صورت می‌گیرد.

همچنین نتایج تأثیر غلظت محلول اسمزی با زمان تماس محصول و محلول اسمزی روندی مشابه قبل را نشان داد به طوری که در زمان ۱۵۰ دقیقه و غلظت ۵۰ درصد ساکارز اختلاف بریکس ۱۷/۰۹۸۷ و در زمان ۲۲۵ دقیقه و غلظت ۵۷/۵ درصد ساکارز اختلاف بریکس ۲۲/۶۲۳۱ درجه بریکس می باشد. تأثیر فاکتورهای دما و غلظت محلول اسمزی نیز روی اختلاف بریکس صعودی بود که این موضوع در شکل ۴ نشان داده شده است. معادله تأثیر زمان تماس محصول و محلول اسمزی، دما و غلظت محلول اسمزی روی شاخص اختلاف بریکس برای داده های کُد شده در زیر نشان داده شده است.

$$\text{Brix} = 18.11 + 11.36 X_1 + 5.21 X_2 + 4.31 X_3 - 4.77 X_1^2 - 1.14 X_2^2 - 1.32 X_3^2 + 4.9 X_1 X_2 + 4.3 X_1 X_3 + 3.3 X_2 X_3, (R^2 = 0.9598)$$



شکل ۴- نمودارهای سه بعدی: (a) تأثیر دما و زمان، (b) غلظت و زمان و (c) غلظت و دما بر اختلاف بریکس نمونه پرتقال



شکل ۵- نمودارهای سه بعدی: (a) تاثیر دما و زمان، (b) غلظت و زمان و (c) غلظت و دما بر محتوی رطوبت نهایی نمونه پرتقال

نمودن درصد کاهش آب و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد به عنوان اهداف مورد نظر آزمایشات در تجزیه و تحلیل های آماری مورد نظر قرار گرفت و بدین منظور شرایط برای انجام فرآیند بهینه سازی با توجه به مدل چند جمله ای<sup>۱</sup> روش سطح پاسخ به صورت زیر بدست آمد: مقادیر بهینه برای متغیرها شامل زمان قرارگیری نمونه پرتقال در محلول اسمزی ۲/۲۲۹ دقیقه، دمای محلول اسمزی ۳۰ °C و غلظت محلول اسمزی ساکارز ۶۵ درجه بریکس می باشد و مقادیر بهینه پاسخها برای درصد کاهش آب، میزان جذب مواد جامد، نسبت دفع آب به جذب مواد جامد، اختلاف بریکس و محتوی رطوبت نهایی به ترتیب شامل ۳۰/۳۱۶ درصد، ۱۳/۵۱۸۴ درصد، ۲/۴۵، ۱۵/۷۹ درجه بریکس و ۲/۷۷ درصد در مبنای خشک می باشد. مطلوبیت بدست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخها مورد

این مرحله از جابجایی رطوبت بدنال تبخیر آب در برخی از نقاط داخل محصول روی می دهد و هر چه دما بالاتر رود تبخیر آب نیز در داخل محصول بالاتر می رود. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش امام جمعه و علاء الدینی (۱۳۸۴) و Chenlo و همکاران در سال (۲۰۰۶b) مطابقت داشته است. همچنین تاثیر غلظت محلول اسمزی و زمان محلول گذاری روی محتوی رطوبت نهایی روند کاهش رطوبت را نشان داد. علت این پدیده این است که خروج رطوبت از محصول تا حدودی به انتقال جرم از طریق جابجایی در سطح آن بستگی دارد و با افزایش غلظت محلول اسمزی جابجایی در سطح بیشتر می شود. روند تغییرات غلظت و دمای محلول اسمزی نیز نشان داد که افزایش غلظت و دمای محلول اسمزی کاهش رطوبت نهایی را به همراه دارد.

#### بهینه سازی فرآیند خشک کردن اسمزی پرتقال

کمینه نمودن میزان جذب مواد جامد و رطوبت نهایی و بیشینه

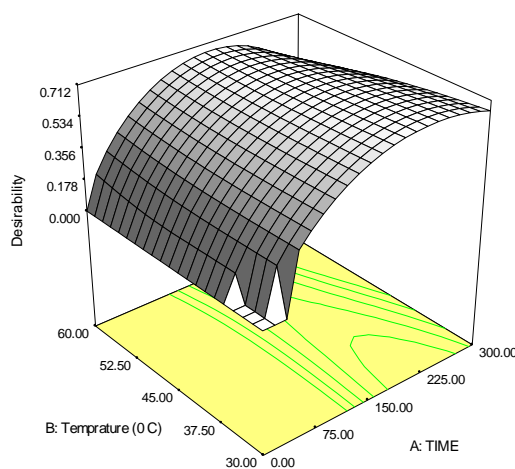
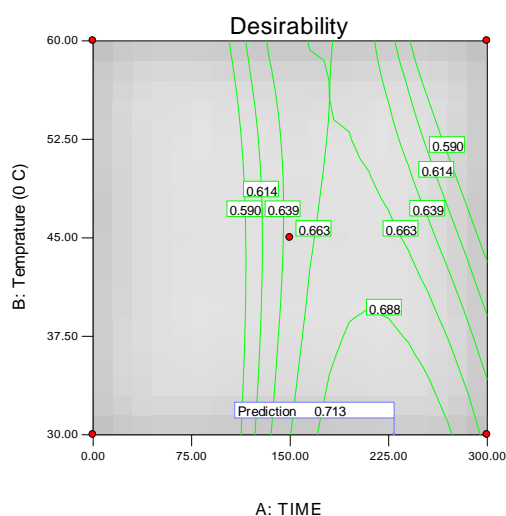
بررسی ۰/۷۱۳ می باشد (شکل ۶).

نرون های مختلف همراه برای مدل سازی شبکه عصبی پرسپترون مورد استفاده قرار گرفت. شبکه ی عصبی با یک و دو لایه پنهان، تعداد ۱ تا ۳۰ نرون به طور تصادفی انتخاب و قدرت شبکه در پیش بینی پارامترهای اسمزی پرتقال تخمین زده شد. برای آموزش شبکه پرسپترون با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا همراه با مومنتم استفاده گردید که در آن ضریب مومنتم برای تمام شبکهها ۰/۹ و نرخ یادگیری ۰/۴ در نظر گرفته شد.

$$\text{Moisture Content} = 2.71 - 1.99 X_1 - 0.4 X_2 - 0.27 X_3 + 1.32 X_1^2 + 0.14 X_2^2 + 0.31 X_3^2 - 0.45 X_1X_2 - 0.51 X_1X_3 - 0.2 X_2X_3, \quad (R^2 = 0.9597)$$

### مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش علاوه بر بهینه سازی پارامترهای مؤثر در آبگیری اسمزی به کمک روش شناسی سطح پاسخ، مقادیر جذب مواد جامد، کاهش آب، اختلاف بریکس و محتوی رطوبت توسط شبکه ی عصبی مصنوعی پیش بینی گردید. برای انجام این عمل ترکیبی از لایهها و



شکل ۶ - شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخ در طی فرآیند آبگیری اسمزی پرتقال

جدول ۲- نتایج شبکه‌ی عصبی پرسپترون در پیش بینی ویژگی های اسمزی پرتقال

شاخص	پارامتر آماری	تعداد نرون ها						
		۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۱
<b>یک لایه پنهان</b>								
کاهش آب	MRE	0.032	0.056	0.034	0.032	0.041	0.036	0.083
	R <sup>2</sup>	0.961	0.937	0.958	0.958	0.952	0.956	0.914
جذب مواد جامد	MRE	0.066	0.123	0.068	0.068	0.071	0.064	0.119
	R <sup>2</sup>	0.932	0.878	0.931	0.930	0.930	0.937	0.882
اختلاف بریکس	MRE	0.059	0.089	0.066	0.064	0.076	0.062	0.140
	R <sup>2</sup>	0.942	0.910	0.936	0.936	0.924	0.940	0.864
محتوی رطوبت	MRE	0.036	0.065	0.037	0.034	0.038	0.033	0.071
	R <sup>2</sup>	0.956	0.939	0.957	0.958	0.950	0.959	0.927
<b>دو لایه پنهان</b>								
کاهش آب	MRE	0.036	0.042	0.059	0.045	0.076	0.060	0.104
	R <sup>2</sup>	0.958	0.957	0.935	0.948	0.923	0.937	0.902
جذب مواد جامد	MRE	0.066	0.073	0.097	0.072	0.086	0.081	0.123
	R <sup>2</sup>	0.935	0.929	0.907	0.929	0.915	0.917	0.893
اختلاف بریکس	MRE	0.071	0.083	0.109	0.061	0.107	0.097	0.153
	R <sup>2</sup>	0.933	0.921	0.893	0.940	0.901	0.902	0.864
محتوی رطوبت	MRE	0.043	0.043	0.060	0.045	0.045	0.058	0.075
	R <sup>2</sup>	0.953	0.953	0.941	0.947	0.951	0.939	0.927

نسبت دفع آب به جذب مواد جامد و کمینه نمودن جذب مواد جامد و محتوی رطوبتی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای فرآیند آبیگری اسمزی شامل زمان تماس محلول اسمزی و محصول، دمای محلول اسمزی و غلظت محلول اسمزی بود. نتایج نشان داد که شرایط بهینه زمانی ایجاد می گردد که متغیرهای فرآیند آبیگری اسمزی نمونه پرتقال یعنی زمان تماس محلول اسمزی و محصول، غلظت محلول اسمزی و دمای محلول اسمزی به ترتیب ۲۲۹/۲ دقیقه، ۶۵ درجه بریکس و ۳۰ °C باشد. همچنین شرایط بهینه برای شاخص های مورد بررسی زمانی ایجاد می گردد که درصد خروج آب، درصد جذب مواد جامد، نسبت دفع آب به جذب مواد جامد، اختلاف بریکس و میزان رطوبت نهایی به ترتیب ۳۰/۳۱۶ درصد، ۱۳/۵۱۸۴ درصد، ۲/۴۵، ۱۵/۷۹ درجه بریکس و ۲/۷۷ درصد در مینای خشک باشد. مطلوبیت بدست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخها مورد بررسی ۰/۷۱۳ گزارش گردید. همچنین در این پژوهش از شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین پارامترهای فرآیند آبیگری اسمزی پرتقال استفاده گردید. نتایج مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون با یک لایه ی پنهان نتایج بهتری را در پیش بینی پارامترهای آبیگری داشته و این شبکه توانست مقادیر جذب مواد جامد، کاهش آب، اختلاف بریکس و محتوی رطوبت را با ضرایب تبیین ۰/۹۳۷، ۰/۹۶۱، ۰/۹۴۲ و ۰/۹۵۹ پیش بینی نماید.

بررسی نتایج بدست آمده در خصوص شبکه عصبی پرسپترون چند لایه همراه با تابع محرک لوگ سیگموئید-لوگ سیگموئید با یک لایه پنهان نشان داد که (جدول ۲) چیدمان ۴-۵-۳، یعنی شبکه ای با ۳ ورودی، ۵ گره (نرون) در لایه پنهان و ۴ خروجی، بهترین نتیجه را در پیش بینی محتوی رطوبت نهایی و جذب مواد جامد دارد. همچنین نتایج نشان داد که این شبکه با یک لایه ی پنهان و تعداد ۳۰ نرون توانست کاهش آب و اختلاف بریکس را با مقادیر ضرایب تبیین ۰/۹۶۱ و ۰/۹۴۲ پیش بینی نماید. همچنین نتایج شبکه عصبی پرسپترون همراه با تابع محرک لوگ سیگموئید-لوگ سیگموئید با دو لایه پنهان نشان داد که این شبکه توانست مقادیر جذب مواد جامد، کاهش آب و رطوبت نهایی را با تعداد ۳۰ نرون در لایه ی پنهان اول و دوم به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۹۳۵، ۰/۹۵۸ و ۰/۹۵۲ پیش بینی نماید. همچنین این شبکه توانست اختلاف بریکس را با تعداد ۱۵ نرون در لایه ی پنهان اول و دوم پیش بینی نماید. به طور کلی مقایسه نتایج شبکه‌ی عصبی با یک و دو لایه ی پنهان نشان داد که شبکه عصبی با یک لایه پنهان نتایج بهتری را در پیش بینی مقادیر جذب مواد جامد، کاهش آب، اختلاف بریکس و محتوی رطوبت داشت.

## نتیجه گیری

روش سطح پاسخ برای تعیین شرایط بهینه شاخص های فرآیند آبیگری اسمزی نمونه پرتقال با هدف بیشینه نمودن کاهش آب و

## منابع

- امام جمعه، ز. و علاء الدینی، ب.، ۱۳۸۴، بهبود شاخصهای کیفی کیوی خشک شده و فرمولاسیون آن با استفاده از پیش فرآیند اسمز، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶ شماره ۶، ۱۴۲۱-۱۴۲۷.
- AOAC., 1990, Official Method of Analysis. 15<sup>th</sup> ed., Vol. 2. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington.
- Ben Slama, R., Combarous, M., 2011, Study of orange peels dryings kinetics and development of a solar dryer by forced convection. *Journal of Solar Energy*, 85, 570-578.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernandez-Herrero, C., & Vazquez, G., 2006a, Mass transfer during osmotic dehydration of chestnut using sodium chloride solutions. *Journal of Food Engineering*, 73: 164-173.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernandez, C., & Vazquez, G., 2006b, Experimental results and modeling of the osmotic dehydration kinetics of chestnut with glucose solutions. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 324-334.
- Erenturk, S., & Erenturk, K., 2007, Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for drying process of carrot. *Journal of Food Engineering*, 78: 905-912.
- <http://FAOSTAT.fao.org/site/339/default.aspx>
- Islam, M. N., & Flink, J. N., 1982, Dehydration of potato, *International Journal of Food Science and Technology*, 17, 387-403.
- Jayaraman, K. S., 1990, Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 47-60.
- Kar, A. & Gupta, D. K., 2001, Osmotic dehydration characteristics of button mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 38(4), 352-357.
- Lazarides, H. N., 1999, Advance in osmotic dehydration by processing foods: (eds. F.A.R. Oliveria.), CRC press

New York.

Lazarides, H. N., & Mavroudis, N. E., 1996, Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt-free medium. *Journal of Food Engineering*, 30, 61-74.

Lertworasirikul, S., & Saetan, S., 2010, Artificial neural network modeling of mass transfer during osmotic dehydration of kaffir lime peel. *Journal of Food Engineering*, 98, 214-223.

Madamba, P. S., & Lopez, R. I., 2002, Optimization of the osmotic dehydration of mango (*mangifera indica* L.) slices. *Drying Technology*, 20 (6), 1227-1242

Mandala, I. G., Anagnostaras, E. F., & Oikonomou, C. K., 2004, Influence of osmotic dehydration condition on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 20 (6), 1227-1242.

Ortuño, C., Pérez-Munuera, I., Puig, A., Riera, E. and Garcia-Perez, J. V., 2010, Influence of power ultrasound application on mass transport and microstructure of orange peel during hot air drying. *Journal of Physics Procedia*, 3, 153-159.

Poonnoy, P., Tansakul, A., and Chinnan, M., 2006, Artificial Neural Network Modeling for Temperature and Moisture Content Prediction in Tomato Slices Undergoing Microwave-Vacuum Drying. *Journal of Food Engineering & Physical properties*, 49: 185-191.

Ruiz Diaz, G., Martinez-Monzo, J., Fito, P., Chiralt, A., 2003, Study of orange peel drying kinetics and development of a solar dryer by forced convection. *Journal of Solar Energy*, 85, 570-578.

Torreggiani, D., Forni, E., Maestrilli, A. & Auadri, F., 1999, Influence of osmotic dehydration on texture and pectic composition of kiwifruit slices, *Drying Technology*, 17(7& 8), 1387-1397.