

# بهینه‌سازی خواص کیوی پرتودهی شده به روش سطح پاسخ و پیش‌بینی با شبکه عصبی و رگرسیون

حسن کیانی<sup>a\*</sup>، محمد هاشم رحمتی<sup>b</sup>، آیت محمدزرداری<sup>c</sup>

<sup>a</sup> دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>b</sup> دانشیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>c</sup> دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۷/۱۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۶/۱۹

۱۲۱

## چکیده

**مقدمه:** کاربرد پرتوهای یونیزه کننده (گاما، ایکس و الکترون) به عنوان روشی جدید در راستای حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی از حدود ۳۵ سال قبل مطرح شد. روش پرتودهی گاما جزء روش‌های نوین جهت حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی است.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق کیوی رقم هایوارد (Hayward) مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها با دزهای صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ کیلوگری و با استفاده از گاماسل با چشمه کبالت ۶۰ پرتودهی شدند. سپس برای مدت زمان‌های صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه و شرایط یخچالی با دمای  $3 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند. در این پژوهش با کمک روش سطح‌پاسخ و پارامترهای ورودی (دز پرتودهی و زمان انبارداری) شرایط بهینه جهت انبارداری کیوی پرتودیده با اشعه گاما تعیین شد. در نهایت با استفاده از روش شبکه عصبی و رگرسیون خروجی‌ها پیش‌بینی و با روش سطح پاسخ مقایسه شدند.

**یافته‌ها:** نقطه بهینه برای مدت زمان نگهداری، دز پرتودهی، وزن، پارامتر رنگی  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$ ، آسکوربیک اسید و مقدار pH به ترتیب مقادیر ۲ ماه، ۱ کیلوگری، ۴۸/۱۳ گرم و ۴۵/۸۶، ۱۱/۳ و ۱۲/۷۹، ۲۹/۹۱۶، ۳/۲۵۴۵ پیشنهاد شد. با افزایش مدت زمان نگهداری و دز پرتودهی، وزن نمونه‌های انبار شده کاهش یافت. با افزایش مدت انبارداری و دز پرتودهی پارامتر  $a^*$  کاهش یافت. با افزایش دز پرتودهی پارامتر  $b^*$  نیز کاهش ولی با افزایش مدت زمان انبارداری،  $L^*$  افزایش یافت. به همین ترتیب با افزایش مدت زمان انبارداری و مقدار دز پرتودهی، مقدار pH افزایش و مقدار آسکوربیک اسید کاهش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری:** با اجرای شبکه عصبی و آنالیز رگرسیون در پیش‌بینی تغییرات رنگ، تغییرات وزن، مقدار pH و آسکوربیک اسید، شبکه عصبی دارای قابلیت بالاتر در پیش‌بینی تغییرات پارامترهای رنگی و تغییرات وزن به ترتیب با ضرایب تعیین ۰/۹۶۳۵ و ۰/۹۲۴۵ بود. در مقابل در مقدار pH و آسکوربیک اسید، آنالیز رگرسیون دارای قابلیت بیشتر با ضرایب تعیین به ترتیب ۰/۹۳۵۵ و ۰/۸۸۴۵ بود.

**واژه‌های کلیدی:** اشعه گاما، سطح پاسخ، شبکه عصبی، رگرسیون، کیوی

## مقدمه

سالانه حدود یک میلیون و ۴۰۰ هزار تن کیوی در جهان تولید می‌شود که ایتالیا با تولید سالانه ۵۰۰ هزار تن اولین تولیدکننده و پس از آن نیوزیلند و شیلی به ترتیب دومین و سومین تولیدکننده این میوه بوده و ایران نیز با تولید سالانه ۲۲۱ هزار تن چهارمین تولیدکننده کیوی در جهان به شمار می‌رود (FAO, 2011). در سطح کشور و طبق آخرین آمار منتشر شده در سال ۱۳۹۲ از سوی جهاد کشاورزی استان مازندران در صدر تولیدکنندگان کیوی کشور است و پس از آن استان‌های گیلان و گلستان در رده‌های بعدی قرار دارند (بی نام، ۱۳۹۲).

هر ساله مقادیر زیادی از محصولات کشاورزی در مراحل پس از برداشت و بسته‌بندی و تا قبل از مصرف، به لحاظ کمی و کیفی دچار آسیب می‌شوند. عوامل بیماری‌زای گیاهی و عوامل میکروبی نقش منفی خود را (پس از برداشت) به صورت تخریب و فساد بروز داده و سبب افت کمی و کیفی محصولات کشاورزی می‌شوند. طی سالیان نسبتاً طولانی استفاده از روش‌های شیمیایی خصوصاً ترکیبات تدخینی نظیر متیل بروماید<sup>۱</sup> به عنوان مناسب‌ترین روش انبارداری و قرنطینه محصولات کشاورزی مطرح بود اما بررسی‌های دهه‌های اخیر دانشمندان نشان داد که کاربرد مواد شیمیایی علاوه بر خطرات زیست‌محیطی موجب بیماری‌های متعدد در مصرف‌کنندگان به دلیل انتقال باقیمانده سم به بدن آنها خواهد شد (Kashyap and Gautam, 2012). لذا جهت‌گیری مدیریت شیوه‌های نگهداری محصولات غذایی به سمت کاهش و حذف مواد شیمیایی و تعیین جایگزین‌های مناسب حرکت کرده است به نحوی که برای حذف تعدادی از مهم‌ترین سموم تدخینی، محدوده زمانی معینی مقرر گردید. کاربرد پرتوهای یونیزه کننده (گاما، ایکس و الکترون) به عنوان روشی جدید در راستای حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی از حدود ۳۵ سال قبل مطرح شد (Mohammad Razdari, 2014).

پرتودهی محصولات کشاورزی به معنای قرار گرفتن آنها در مقابل اشعه و جذب دز<sup>۲</sup> معینی از امواج الکترو مغناطیس ایکس و گاما می‌باشد. روش پرتودهی دمای ماده

را افزایش نمی‌دهد به همین دلیل جزء روش‌های پاستوریزاسیون سرد محسوب می‌شود. یعنی همان انرژی که در بسیاری از روش‌های مرسوم نگهداری، از طریق افزایش حرارت به ماده مورد نظر منتقل می‌گردد. در طول ۳۵ سال اخیر، تأثیر پرتودهی بر حفظ کیفیت انواع مواد غذایی مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته و محدودیت‌های کاربرد این تکنیک مشخص شده است. هم‌اکنون دامنه تحقیقات در زمینه توسعه پرتودهی محصولات کشاورزی، ۷۰ کشور جهان را تحت پوشش قرار داده است (Mohammad Razdari, 2013). تحقیقی در چین به منظور بررسی اثر پرتو دهی گاما روی کیفیت خشک کردن قطعات سیب‌زمینی صورت گرفت. نمونه‌ها با دزهای صفر، ۲، ۵، ۶، ۸ و ۱۰ کیلو گری پرتو دهی شد. نتایج نشان داد که پرتو دهی باعث افزایش خشک شدن و جلوگیری از جوانه زدن در هنگام انبارداری می‌گردد، اما دزهای پایین باعث از بین رفتن درصد کمی از ویتامین C می‌گردد (Wang and Chao, 2003). در پژوهشی سیر پرتو دهی شده در محیط یخچالی ذخیره و افت وزن و عفونت به منظور بیماری بررسی شد. اشعه گاما با دز ۱۰ گری بر روی میزان آنتی اکسیدان و درصد جوانه زنی سیر انجام گردید. نتایج نشان داد اشعه گاما بر روی درصد جوانه زنی در دوره قبل از بیدار شدن (تا ۱۰ روز) محصول، تاثیری ندارد اما بعد از دوره خواب کاهش قابل توجه در میزان جوانه‌زنی مشاهده شد (Croy, 1998).

تئوری و روش‌های بهینه‌سازی که روش‌های تازه در ریاضیات، ریاضیات تحلیلی و مسائل تحقیقاتی است، در علوم مهندسی، مدیریت تجارت، صنایع نظامی و تکنولوژی‌های فضایی بکار می‌رود. بهینه‌سازی، مطالعه شرایط مطلوب مسائل، ایجاد مدل مناسب و تعیین الگوریتم برای حل، ایجاد تئوری همگرایی برای الگوریتم‌ها و آزمایش‌های عددی با مسائل معمولی و مسائلی که در شرایط واقعی اتفاق می‌افتد را در بر می‌گیرد. یافتن روابط بین عوامل ناخواسته و محصول نهایی برای محققین بسیار ارزشمند است (Alborzi, 2003).

روش سطح پاسخ شامل مراحل از جمله کدبندی داده‌ها، ایجاد طرح، برازش مدل سطح پاسخ و نمایش نموداری سطح پاسخ است (Alborzi, 2003). شبکه‌های

<sup>1</sup> Methyl Bromide

<sup>2</sup> Dose

اشعه گاما برای مدت زمان‌های صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه و در کیسه پلاستیکی پلی‌اتیلنی یک بار مصرف با ضخامت ۲۰ میکرومتر که نمونه‌ها به طور منظم در کنار هم قرار گرفتند و شرایط یخچالی با دمای  $3 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $70 \pm 3$  درصد ذخیره گردیدند. در ادامه آزمایش‌های زیر برای زمان‌های صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه ذخیره‌سازی و همچنین دزها و رقم مورد نظر کیوی صورت گرفت.

### - افت وزن

برای اندازه‌گیری درصد افت وزن پس از گذشت مدت زمان مورد نظر ۳۰ روز، وزن میوه‌ها را با وزن اولیه آن‌ها و ماه قبل آن‌ها مقایسه کرده و سپس درصد کاهش وزن آن‌ها محاسبه شد.

$$(1) \quad 100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) =$$

درصد کاهش وزن

### - اندازه‌گیری رنگ

سه مقادیر رنگی  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L$  با استفاده از دستگاه آزمایش رنگ برای کیوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار  $a^*$  طیف رنگی از قرمز +a به سبز -a نشان می‌دهد؛ مقدار  $b^*$  از رنگ زرد +b به آبی -b را نشان داده و مقدار  $L$ ، طیف نوری از سفید ( $L=100$ ) تا مشکی ( $L=0$ ) را تعیین می‌کند (Maskan, 2001).

### - اندازه‌گیری ویتامین C

در این بررسی جهت اندازه‌گیری میزان ویتامین C از روش تیتراسیون با ید استفاده شد (Hertog *et al.*, 2004). به منظور انجام این آزمون ابتدا ۲۰ میلی‌لیتر از آب کیوی را به یک فلاسک حجمی ۲۵۰ میلی‌لیتر انتقال داده و با ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر آن را مخلوط می‌نماییم. سپس ۱ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱٪ می‌افزاییم. محلول حاصل را با محلول ید تا ظهور رنگ آبی سیاه تیتراسیون می‌نماییم. میزان میلی‌گرم ویتامین C طبق معادله (۱) محاسبه می‌شود:

$$(2) \quad \text{میزان معرف مصرفی} \times 0.88 = \text{میزان اسیدآسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)}$$

جهت آماده کردن محلول ید ابتدا ۵ گرم پتاسیم یدید و ۰/۲۶۸ گرم پتاسیم یدید را درون بالن ۵۰۰ میلی‌تر با ۲۰۰

عصبی مصنوعی از روش‌های مدل‌سازی با الهام از ویژگی‌های سیستم عصبی انسان می‌باشد، که در حوزه‌های مختلف علوم مهندسی برای پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده و غیر خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختار شبکه عصبی حداقل با داشتن سه لایه شامل لایه ورودی، حداقل یک لایه مخفی و یک لایه خروجی قابل تعریف می‌باشد.

تحقیقی در آزمایشگاه پرتودهی مواد غذایی (مرکز انرژی هسته‌ای و کشاورزی)<sup>۱</sup> انجام شد. آنالیز حس، آنالیز رنگ و تغییرات pH بر روی نمونه‌ها انجام شد و این نتیجه بدست آمد که پرتودهی توسط اشعه گاما تغییر معناداری در خصوصیات فیزیکی شیمیایی و حس (شاهد (نکنار) کیوی ایجاد نمی‌کند، به استثنای اسید آسکوربیک در دز ۱ و ۲ kGy که دچار تغییر محسوس می‌شود (Harder *et al.*, 2009).

به علت هزینه‌بر بودن نگهداری کیوی و محدود بودن انبارها در استان گلستان و با توجه به تولید فراوان کیوی در این استان و مصرف آن، تلاش برای بهتر کردن کیفیت ماندگاری این میوه در حداقل زمان ممکن و دقت بالا بسیار با اهمیت است. لذا روش پرتودهی برای نگهداری میوه کیوی در مقایسه با سایر روش‌ها مناسب‌تر است و با توجه به اهمیت اقتصادی کیوی و همچنین پتانسیل صادرات آن، مطالعه روی کیفیت ماندگاری کیوی اهمیت بسزایی دارد. از این رو هدف پژوهش حاضر، تعیین شرایط بهینه کیوی پرتودهی شده با استفاده از روش سطح پاسخ و پارامترهای ورودی شامل دز پرتودهی و زمان انبارداری جهت انبارداری بود.

### مواد و روش‌ها

کیوی رقم هایوارد (Hayward) بدلیل سازگاری با آب و هوای اقلیم شمال کشور و بخصوص استان گلستان در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. بلافاصله پس از برداشت، کیوی در جعبه‌های مخصوص بسته بندی قرار داده شده و به آزمایشگاه واقع در پژوهشکده کاربرد پرتوها در تهران منتقل شدند. نمونه‌ها با دزهای صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ کیلوگری با استفاده از گاماسل با چشمه کبالت ۶۰ مورد پرتودهی قرار گرفت. سپس نمونه‌های پرتودهی شده توسط

<sup>۱</sup> CENA

بهینه‌سازی فرآیند با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 8 انجام شد. همچنین تجزیه واریانس بر روی ضرایب مدل درجه دوم با استفاده از این نرم‌افزار صورت گرفت (Lin et al., 2007) (جدول ۱).

میلی‌لیتر آب مقطر به خوبی حل می‌کنیم سپس به محلول تهیه شده ۳۰ میلی‌لیتر از اسیدسولفوریک ۳ مولار اضافه کرده و با آب مقطر حجم آن را به ۵۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم.

### - اندازه‌گیری میزان pH

به منظور اندازه‌گیری میزان pH هر نمونه، پس از خرد کردن هر نمونه و جداکردن آب میوه از مخلوط بدست آمده، با استفاده از دستگاه pH متر (مدل Metrohn 744) میزان pH هر نمونه تعیین شد (OECD Standard, 1998).

### - بهینه‌سازی با سطح پاسخ

تاثیر دو متغیر مستقل (دز پرتوده‌ی و مدت زمان نگهداری) بر روی متغیرهای وابسته (وزن، رنگ، سفتی، ویتامین C و pH) با استفاده از طرح مکعب مرکزی (Face-CCD) بررسی شد. مقدار متغیرهای مستقل بین -۱ و +۱ کدبندی شد. با استفاده از مدل درجه دوم، پنج مدل ریاضی به فرم مذکور برای هر متغیر وابسته ارزیابی شد. هر فاکتور در طرح مکعب مرکزی در سه سطح مختلف (-۱، ۰، +۱)، دو نقطه محوری و شش تکرار در نقطه مرکزی مطالعه شد. طراحی آزمایشات و همچنین

۱۲۴

### - پیش‌بینی با شبکه عصبی مصنوعی

قبل از بکارگیری داده‌های خام اولیه در آموزش شبکه، باید داده‌ها در دامنه مناسبی نرمالیزه شوند، زیرا الگوریتم یادگیری همراه با داده‌های خام نمی‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد. بهترین دامنه تبدیل داده‌ها [۰/۹، ۰/۱] می‌باشد (White et al, 2005). برای تبدیل داده‌ها از روش نرمالیزاسیون خطی معادله (۳) استفاده شد:

$$X_i' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3)$$

در اینجا  $X_i'$  داده خام اولیه،  $X_{\min}$  مقدار کمینه داده‌ها،  $X_{\max}$  مقدار بیشینه داده‌ها و  $X_i$  داده نرمالیزه شده است.

جدول ۱- طرح آزمایش و نتیجه هر واحد آزمایشی

واحد آزمایشی	فاکتورها		پاسخ‌ها			
	مدت انبارداری $X_1$	دز پرتوده‌ی $X_2$	L	a	b	ویتامین C
۱	+۱	-۱	۴۹/۹	۹/۹۶	۱۵/۸۵	۳۱/۶۸
۲	-۱	+۱	۴۵/۵	۱۰/۶	۹/۸	۲۸/۱۶
۳	-۱	+۱	۴۵/۶۳	۱۱/۲۵	۱۷/۴۳	۲۹/۹۲
۴	-۱	+۱	۴۵/۹۱	۸/۱۷	۱۵/۷۶	۲۶/۷۵
۵	-۱	+۱	۴۲/۰۵	۱۴/۷۶	۱۶/۵۵	۳۱/۶۸
۶	-۱	-۱	۴۷/۹۴	۱۳/۳۶	۱۲/۸۶	۲۳/۷۶
۷	+۱	+۱	۴۶/۷۳	۱۵/۸۹	۱۸/۶۱	۲۹/۹۲
۸	-۱	-۱	۴۲/۴	۱۰/۶	۵/۹	۲۶/۴
۹	+۱	+۱	۴۸/۸۹	۱۳/۱۱	۱۲/۶۵	۲۹/۹۲
۱۰	+۱	-۱	۴۰/۶۳	۱۳/۲۱	۱۵/۴۶	۲۹/۹۲
۱۱	+۱	-۱	۴۸/۶۹	۱۳/۱۱	۱۲/۶۵	۲۸/۱۶
۱۲	-۱	-۱	۴۵/۹۱	۸/۱۷	۱۵/۷۶	۲۹/۹۲
۱۳	-۱	-۱	۴۶/۳	۹	۸/۲	۲۷/۲۸

<sup>1</sup> Central Composite Design

<sup>2</sup> Multiple Layer Perseptron

۳/۲۵۴۵، ۲۹/۹۱۶، ۱۲/۷۹ و ۱۱/۳، ۴۵/۸۶، ۴۸/۱۳ گرم و پیشنهاد شدند.

### - بررسی تاثیر دز پرتودهی و مدت زمان نگهداری به روش سطح پاسخ

تغییرات دز پرتودهی تاثیر معنی داری بر روی تغییرات وزن نمونه دارد و با افزایش مدت زمان نگهداری و دز پرتودهی وزن نمونه‌ها به میزان ۰/۵۲، ۰/۴۴، ۰/۳۱، ۰/۲۹ و ۰/۲۳ درصد به ترتیب برای دزهای ۲، ۱/۵، ۱، ۰/۵ و شاهد بعد از ۳ روز نگهداری در انبار کاهش می‌یابد (شکل ۱).

با افزایش مقدار دز پرتودهی و مدت زمان نگهداری، پارامتر  $a^*$  به میزان ۰/۱۱، ۰/۱۰، ۰/۹۲۰، ۰/۸۴ و ۰/۶۳ درصد به ترتیب برای دزهای پرتودهی ۲، ۱/۵، ۱، ۰/۵ و شاهد در روز ۳ کاهش یافته است. در مقابل پارامتر  $b^*$  با افزایش مقدار دز پرتودهی کاهش یافته و تقریباً یکنواخت است و با افزایش مدت زمان نگهداری افزایش می‌یابد. اما مقدار دز پرتودهی و مدت زمان نگهداری، تاثیر معنی دار بر روی تغییرات  $L^*$  ندارد (شکل ۲).

با افزایش مقدار دز پرتودهی و مدت زمان نگهداری، مقدار pH به میزان ۰/۱۴، ۰/۱۳۸، ۰/۱۲۳، ۰/۱۱ و ۰/۱۰ درصد به ترتیب برای دزهای پرتودهی ۲، ۱/۵، ۱، ۰/۵ و شاهد در روز ۳ افزایش یافته و همچنین مقدار ویتامین C به میزان ۰/۱۲، ۰/۱۶، ۰/۱۴، ۰/۱۷ و ۰/۱۹ درصد به ترتیب برای دزهای پرتودهی ۲، ۱/۵، ۱، ۰/۵ و شاهد در روز ۳ کاهش می‌یابد.

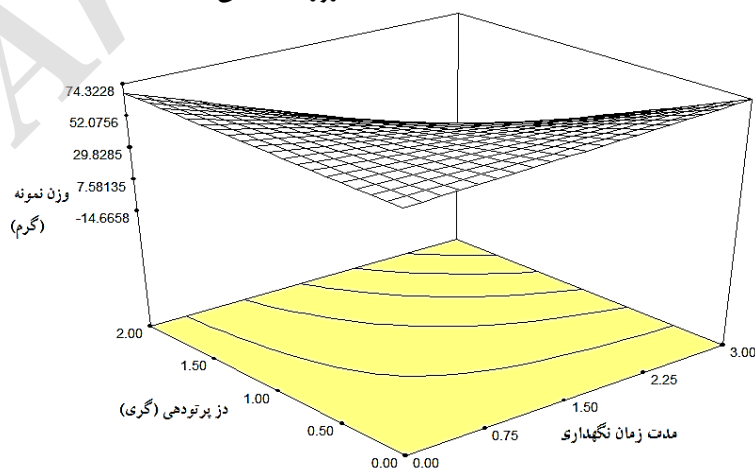
ساختار ANN یکی از پارامترهای مهم است که می‌تواند عملکرد یادگیری شبکه را تحت تاثیر قرار دهد. پرسپترون‌های چند لایه<sup>۱</sup> به عنوان شبکه رو به جلو که توانایی یادگیری رابطه بین ورودی و خروجی را دارند، شناخته می‌شوند، به طوری که به صورت یک پیش‌بینی کننده قوی شناخته شده‌اند. پرسپترون چند لایه یکی از موفق‌ترین و رایج‌ترین مدل شبکه عصبی مصنوعی است که در این بررسی بکار گرفته شده است (Taghavifar et al, 2013).

### - تجزیه و تحلیل آماری

طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور دزهای اشعه گاما در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱، ۲ کیلوگری) و زمان ذخیره‌سازی کیوی در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ روز) می‌باشد و تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت.

### یافته‌ها

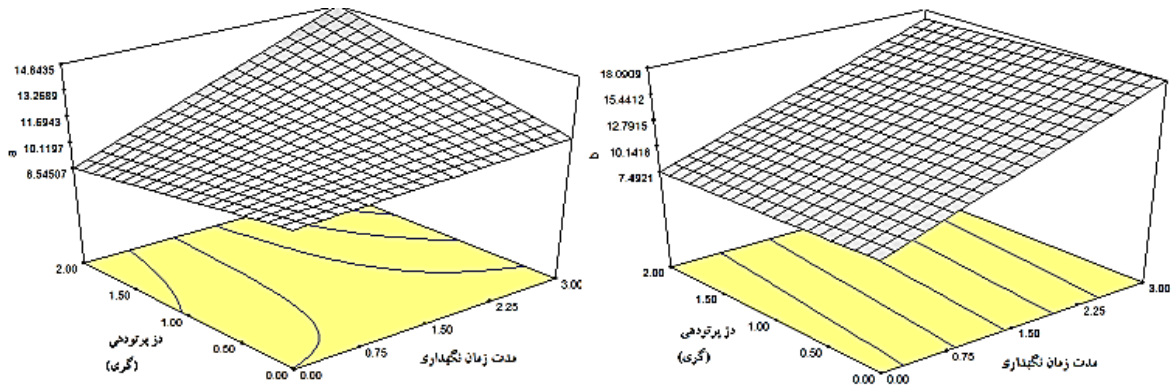
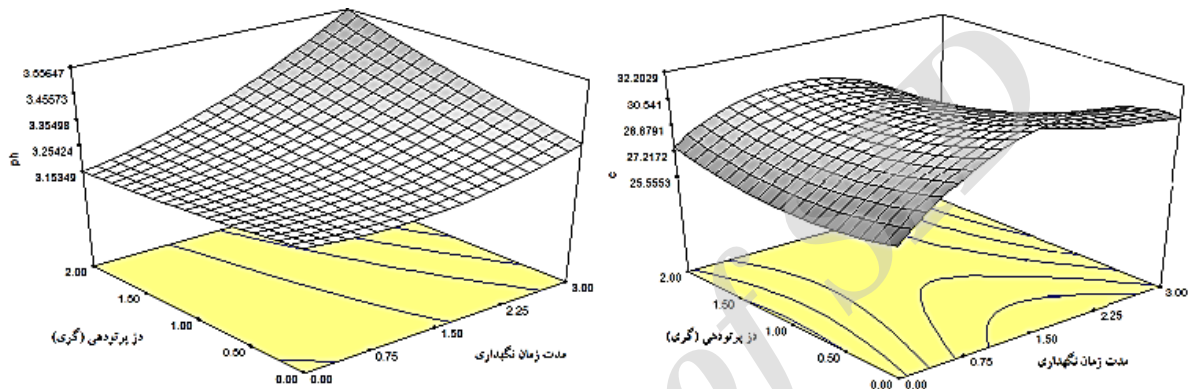
با استفاده از نرم افزار Design Expert8، ۱۳ انتخاب در بهینه‌سازی فرآیند برای رسیدن به هدف‌های مورد نظر پیشنهاد شد. در بین همه راه حل‌های انتخابی توسط نرم‌افزار نقطه بهینه برای مدت زمان نگهداری، دز پرتودهی، وزن، پارامتر رنگی  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  میزان ویتامین C، مقدار pH و به ترتیب مقادیر ماه دوم، یک کیلوگری،



شکل ۱- تاثیر دز پرتودهی و دمای نگهداری بر وزن نمونه

<sup>1</sup> Multiple Layer Perseptron

## بهینه‌سازی خواص کیوی پر توده‌ی شده به روش سطح پاسخ

شکل ۲- تاثیر دز پرتوده‌ی و مدت زمان نگهداری بر پارامتر  $a^*$  و  $b^*$ 

شکل ۳- تاثیر دز پرتوده‌ی و مدت زمان نگهداری بر مقادیر ویتامین C و pH

۱۲۶

۵-۳) بهترین قابلیت در پیش‌بینی مقدار ویتامین C با ضریب تغییرات ۰/۸۸ بود.

#### - نتایج حاصل از مدل‌سازی رگرسیون با استفاده از نرم افزار SPSS

با توجه به داده‌های تجربی مربوط به تغییرات رنگ، وزن، تغییرات pH و ویتامین C و پارامترهای مستقل، ضرایب از طریق مدل رگرسیون خطی چند متغیره با استفاده از نرم افزار SPSS 19 و با ضریب تعیین ۰/۹۱۲۲ تعیین شدند. نتایج حاصل از محاسبات آنالیز واریانس برای برآورد پارامترهای مدل نشان می‌دهد که مدل ارائه شده در سطح ۰/۰۵ معنی دار است (جدول ۲).

$$\Delta E = 0.312D + 1.675t \quad (4)$$

$$weight = -2.352D + 14.91t \quad (5)$$

$$pH = 0.254D + 12.47t \quad (6)$$

$$C = 2.7584D + 15.71t - 0.54 \quad (7)$$

#### - پیش‌بینی پارامترها با شبکه‌های عصبی مصنوعی

به منظور اجرای شبکه، تعداد ۳۶ داده انتخاب شده بودند، که از این تعداد ۲۶ داده به عنوان داده آموزش و ۱۰ داده به عنوان داده صحت سنجی به طور تصادفی انتخاب شدند. بهترین مدل شبکه برای پیش‌بینی با دو لایه پنهان و با استفاده از الگوریتم آموزشی لورنبرگ مارکوارت، با توابع انتقالی تانژانت هایپربولیک برای لایه پنهان و تابع انتقال خطی برای لایه خروجی بود. برای پیش‌بینی تغییرات پارامتر  $a^*$  و  $b^*$  و  $L^*$  از یک لایه ورودی با سه متغیر ورودی، دو لایه پنهان با چهار و هشت نرون در هر لایه و یک لایه خروجی با یک متغیر خروجی (ساختار ۱-۴-۳) استفاده می‌گردد. این توپولوژی برای پیش‌بینی پارامترهای رنگ دارای بالاترین ضریب تعیین ۰/۹۶۳۵ بود. همین‌طور برای پیش‌بینی تغییرات وزن از یک لایه ورودی با سه متغیر ورودی، دو لایه پنهان با پنج و شش نرون در هر لایه و یک لایه خروجی با یک متغیر خروجی (ساختار ۱-۴-۳) استفاده می‌گردد. این توپولوژی برای پیش‌بینی وزن دارای بالاترین ضریب تعیین ۰/۹۲۵۴ و برای پیش‌بینی pH دارای بهترین ضریب تعیین ۰/۹۱۲۳ بود. در حالی ساختار (۱-

جدول ۲- تحلیل واریانس مدل رگرسیون

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
رگرسیون	۳۲۶۵/۲۲۲۳	۴	۱۴۵۵/۲۳۸	۴۲/۴۱۱
باقیمانده	۵۶۲/۵۴۳	۳۳	۲۲/۶۰۱	
جمع کل	۳۸۲۷/۷۶۵۳	۳۷		

## بحث

تغییرات دز پرتودهی تاثیر معنی‌داری بر روی تغییرات وزن نمونه داشته و با افزایش مدت زمان نگهداری و دز پرتودهی وزن نمونه کاهش یافت (ضریب تغییرات ۰/۸۷۲۴) و بر اساس نتایج پژوهشی، با افزایش مدت زمان انبارداری، طول، عرض، ضخامت، وزن و حجم نمونه کاهش میابد (Zomorodian et al., 2013). دلیل این است که با جذب انرژی توسط بافت میوه (از طریق پرتودهی) همانطور که پاتوزن‌ها و عوامل میکروبی عامل فساد از بین می‌روند، مقادیر اندکی از مولکول‌های آب درون‌بافتی نیز بر اثر جنبش مولکولی تغییر وضعیت می‌دهند و واکنشی فیزیکی رخ می‌دهد که این به نوبه خود باعث ایجاد تخلخل درون‌بافتی و به‌مرور زمان باعث جمع‌شدن و چروکیدگی شدن محصول می‌گردد (Farkas et al., 2014). در تحقیقی تأثیر ۱۱ روز مدت زمان ذخیره‌سازی بر میوه هلو صورت گرفت. با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی، قطر میانگین هندسی و حسابی، ابعاد میوه، وزن و حجم کاهش می‌یابد (Zomorodian et al., 2012).

افزایش مقدار دز پرتودهی و مدت زمان نگهداری باعث کاهش پارامتر  $a^*$  و  $b^*$  شده اما تاثیرات معنی‌دار بر تغییرات پارامتر  $L^*$  ندارد زیرا افزایش میزان دز پرتوهی، باعث ایجاد ارتعاشات درون سلولی و در نتیجه باعث جلوگیری از اکسیداسیون شده و تغییرات رنگ کاهش یافته و افت آب درون سلولی کاهش میابد (Askari et al., 2006). همچنین تغییر مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  در هنگام نگهداری تجزیه رنگ‌دانه‌های موجود در نمونه‌های غذایی اتفاق می‌افتد، که می‌تواند باعث افزایش میزان تغییرات رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن و در نهایت افت کیفی محصول خشک‌شده شود. بنابراین، به منظور تولید محصولی با کیفیت رنگی مناسب، می‌توان از پیش تیمارهای مختلف استفاده نمود (Yoosefian et al., 2016).

در واقع پارامترهای رنگ تحت تأثیر روش‌های خشک

کردن هستند، همچنین پیش‌تیمارهای انجام شده قبل از خشک کردن روی تغییرات رنگ نمونه‌ها اثر معنی‌دار دارد. بنابراین پیش‌تیمار پرتودهی بر روی شاخص‌های رنگ، تغییرات رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن تأثیر معنی‌دار دارد (Shamaee and Emam-Jome, 2011). با اینکه اشعه گاما فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی مانند تنفس، فرآیند رسیدن و پیری را به تأخیر می‌اندازد ولی به دلیل تبخیر آب درون‌بافتی و حفره‌های درون سلولی، حجم را کاهش می‌دهد (Hussain et al., 2012). افزایش میزان زردی با افزایش دز پرتودهی به این علت است که میوه‌ها بطور معمول مقداری زیادی از مواد فرار در طی دوران بلوغ و پیری را از دست می‌دهند، زرد شدن نمونه سیر سفید نیز یک رابطه خطی با زمان سپری شده پس از برداشت دارد که با دز بکار رفته نیز متناسب است (Mohammed et al., 2004).

با افزایش مقدار در پرتودهی مقدار pH افزایش و ویتامین C کاهش یافت. در تحقیقی با افزایش مدت زمان انبارداری در دمای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۵ تا ۹۰ درصد بر روی کیوی رقم هاپوارد انجام شد. با افزایش مدت زمان نگهداری مقدار ویتامین C کاهش یافته و pH افزایش یافته است (Ashour Nezhad et al., 2011).

طبق روش مدل‌سازی رگرسیون متغیرهای مستقل مدت زمان نگهداری و دز پرتودهی، تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر روی متغیرهای وابسته تغییرات رنگ، تغییرات وزن، مقدار pH و ویتامین C به ترتیب با ضرایب تعیین ۰/۹۱۵۵، ۰/۸۹۹، ۰/۹۳۵۵ و ۰/۸۸۵۴ دارد. شبکه عصبی دارای قابلیت بالاتر در پیش‌بینی تغییرات پارامترهای رنگی و تغییرات وزن به ترتیب با ضرایب تعیین ۰/۹۶۳۵ و ۰/۹۲۴۵ بود. در مقابل به منظور پیش‌بینی مقدار pH و ویتامین C، آنالیز رگرسیون دارای قابلیت بیشتر با ضرایب تعیین به ترتیب ۰/۹۳۵۵ و ۰/۸۸۴۵ بود.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش با کمک روش سطح پاسخ، شرایط بهینه جهت انبارداری کیوی پرتودیده با اشعه گاما تعیین شد. نقطه

Crogy, C., Arrguello, J. & Orioli, G. (1998). Effect of gamma rays on sprouting of seed gloves of garlic Levels of Auxin-Like substances and growth inhibitors. *Environmental and Experimental Botany*, 30, 9-15.

FAO. (2011). Food and Agriculture Organization Statistics, FAOSTAT. [www.fao.org](http://www.fao.org).

Farkas, J., Ehlermann, D. A. E. & Mohácsi-Farkas, C. (2014). Food technologies: food irradiation. *Journal of Encyclopedia of Food Safety*, Academic Press, Waltham, 3, 178-186.

Harder, M., De Toledo, T., Ferreira, A. & Arthur, V. (2009). Determination of changes induced by gamma radiation in nectar of kiwi fruit. *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 579-582.

Hertog, M. L. A. T. M., Nicholson, S. E. & Jeffery, P. B. (2004). The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 251-261.

Hussain, P. R., Meena, R. S., Dar, M. A. & Wani, A. M. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 415-426.

Kashyap, G. & Gautam, M. D. (2012). Analysis of vitamin c in commercial and natural substances by iodometric titration found in nimar and malwa region. *Scientific Research in Pharmacy*, 1(2), 77-78.

Lin, Y. P., Lee, T. Y., Tsen, J. H. & King, V. A. E (2007). Dehydration of yam slices using FIR assisted freezing drying. *Journal of Food Engineering*, 79, 1295-1301.

Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot-air and Microwave drying. *Food Engineering*, 48, 177-182.

Mohammed, M. M., Ogah, M. D. & Hassan, I. D. (2004). Inhibitory effect of fresh and heated garlic (*Allium sativa*) on Bacteria. *Proceedings of the 38th Annual Conference of Nigeria (ASN)*, 381-384.

Mohammad Razdari, A. (2015). Study the effect of gamma irradiation on the shelf life of apple. M.Sc Thesis *Journal of Biosystems Engineering*, Faculty of Agriculture, University of Shahre Kord.

Mohammad Razdari, A., Raesi, M., Ebrahimi, R. & Kiani, H. (2014). Science exposure and its effect on increasing the shelf life of food products, the twenty-first National Congress of Food Science, University of Shiraz.

OECD, Standard. (1998). Guidance on objective tests for determining the ripeness of fruit. OECD for the Application of International Standards for Fruit and Vegetables.

بهینه برای مدت زمان نگهداری، دز پرتوده‌ی، وزن، پارامتر رنگی  $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$  میزان ویتامین C و مقدار pH به ترتیب مقادیر دو ماه، ۱ کیلوگرمی، ۴۸/۱۳ گرم و ۴۵/۸۶ و ۱۱/۳ و متغیرهای مستقل مدت زمان انبارداری و مقدار دز پرتوده‌ی بر روی متغیرهای وابسته تغییرات پارامترهای رنگی، تغییرات وزن، مقدار ویتامین C و مقدار pH تعیین شدند. با افزایش مدت زمان نگهداری و افزایش مقدار دز پرتوده‌ی، وزن نمونه‌های انبار شده کاهش میابد. با افزایش مدت انبارداری و مقدار دز پرتوده‌ی پارامتر  $a^*$  کاهش یافته، و اگر دز پرتوده‌ی افزایش یابد، پارامتر  $b^*$  نیز کاهش یافته ولی با افزایش مدت زمان انبارداری، افزایش میابد. به همین ترتیب با افزایش مدت زمان انبارداری و مقدار دز پرتوده‌ی، مقدار pH افزایش و مقدار ویتامین C کاهش میابد. با اجرای شبکه عصبی و آنالیز رگرسیون در پیش بینی و بررسی تغییرات رنگ، تغییرات وزن، مقدار pH و ویتامین C، شبکه عصبی دارای قابلیت بالاتر در پیش بینی تغییرات پارامترهای رنگی و تغییرات وزن به ترتیب با ضرایب تعیین  $0.9635$  و  $0.9245$  بود. در مقابل به منظور پیش‌بینی مقدار pH و ویتامین C، آنالیز رگرسیون دارای قابلیت بیشتر با ضرایب تعیین به ترتیب  $0.9355$  و  $0.8845$  بود.

## منابع

- بی‌نام. (۱۳۹۲). آمارنامه جهاد کشاورزی، کشت، تولید و عملکرد کیوی در ایران
- Askari, Gh. R., Emamjome, Z. & Ebrahimzadeh Mousavi, S. M. A. (2005). Changes microscopy, histological features and capacity to reabsorb water, dried apple slices with different methods. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36 (4), 1001-1010.
- Alborzi, M. (2003). Introduction to Neural Networks. Translation. By Jackson, R. and Bill, T. Sharif University Press.
- Ashour Nezhad, M., Ghasem Nezhad, M., Grayloo, S. & Hoseini, K. (2011). Qualitative evaluation of Hayward kiwifruit cultivar taken from different areas of the province during the two months of storage. *Journal of Horticultural Science*. Ferdowsi University of Mashhad. P: 259-264.
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z. & Mousavi, S. M. (2006). Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple Slices. *Food Science and Technology International*, 12(1), 39-46.



Shamaee, S. & Emem-Jome, Z. (2011). Effects of pretreatment and different methods of drying on the drying process, texture, color, quantity and speed Rehydration of button mushroom (*Agaricus bisporus*), *Iran Food and Science Journal*, 6 (3), 193-200.

Taghavifar, H., Mardani, A. & Taghavifar, L. (2013). Ahybridized artificial neural network and imperialist competitive algorithm optimization approach for prediction of soil compaction in soil bin facility. *Measurement*, 46(8), 2288-2299.

Wang, J. & Chao, Y. (2003). Effect of gamma irradiation on quality of dried potato. *Radiation Physics and Chemistry*, 66, 293-297.

White, A., Silva, H. N. D., Requejo-Tapia, C. & Harker, F. R. (2005). Evaluation of softening

characteristics of fruit from 14 species of *Actinidia*. *Postharvest Biology and Technology*, 35 (2), 143-151.

Yoosefian, S. H., Mohammad-Razdari, A., Seyhoon, M. & Kiani, H. (2016). Determination of optimal conditions using Response Surface method and comparison of Neural Network and Regression method of drying gamma irradiated potato. *Iran Food and Science*, 13 (59), 85-96.

Zomorodian, A., Safi Yari, H., Rahmanian, H. & Salmani Zadeh, F. (2013). Evaluation of changes in the physical properties of persimmon fruit during storage at ambient conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 8, 417-426.