



استفاده از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (انفیس) در مدل سازی شرایط نگهداری انگورهای پوشش داده شده با مالتودکسترین حاوی نانوکربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا

مریم ابراهیمی^۱، روح الله کریمی^{۲*}، امیر دارایی گرمه خانی^۳، نرجس آقاجانی^۴، علیرضا شایگان فر^۵

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و مهندسی صنایع غذایی، گروه تبدیل و نگهداری، پژوهشکده انگور و کشمش، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۵- استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در این پژوهش با توجه به عدم انجام مطالعه‌ای در مورد مدل سازی شرایط نگهداری میوه‌های انگور پوشش داده شده با مالتودکسترین حاوی نانوکربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا با استفاده از سامانه استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (انفیس)، زمان‌های مختلف نگهداری (صفر تا ۶۰ روز)، غلظت نانوکربنات پتاسیم (صفر تا ۲ درصد) و غلظت عصاره پیراکانتا (صفر تا ۱/۵ درصد) مورد استفاده در پوشش خوراکی به‌عنوان ورودی و میزان بریکس، درصد ریزش حبه، میزان مالون‌دی آلدهید، قهوه‌ای شدن خوشه انگورها و **عطر و طعم نمونه‌ها** به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شدند. سه تابع عضویت گوسی، مثلثی و دوزنقه‌ای با ۲-۲-۲ و ۳-۳-۳ تابع عضویت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تابع دوزنقه‌ای با ۳-۳-۳ تابع عضویت و تابع گوسی با ۳-۳-۳ تابع عضویت به‌ترتیب برای متغیر خروجی بریکس و درصد ریزش حبه به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شدند. در نهایت برای متغیرهای قهوه‌ای شدن خوشه، میزان مالون‌دی آلدهید و عطر و طعم نمونه‌ها مدل مثلثی با ۳-۳-۳ تابع عضویت انتخاب گردیدند. از طرفی نتایج حاکی از آن بود که با افزایش زمان انبارداری، میزان بریکس، درصد ریزش حبه، مالون‌دی آلدهید و قهوه‌ای شدن خوشه در تمامی نمونه‌ها افزایش ولی میزان عطر و طعم نمونه‌ها کاهش پیدا کرد و استفاده از پوشش حاوی نانو کربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا سبب کاهش سرعت این تغییرات گردید. در پایان می‌توان بیان داشت که میزان ضرایب همبستگی بالا بین نتایج آزمایشگاهی و خروجی‌های مدل بیانگر دقت قابل قبول و قابلیت استفاده از این مدل‌ها در کنترل شرایط نگهداری میوه‌های انگور پوشش داده شده با مالتودکسترین حاوی نانوکربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا است.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۲

کلمات کلیدی:

انگور،

زمان نگهداری،

مدل سازی،

نانوکربنات پتاسیم،

عصاره پیراکانتا.

DOI: 10.22034/FSCT.20.144. 242

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.15.9

* مسئول مکاتبات:

R.Karimi@malayeru.ac.ir

۱- مقدمه

انگور با نام علمی (*Vitis vinifera* L.) یک درختچه چوبی چند ساله است که به دلیل طعم و ارزش تغذیه‌ای مناسب از نظر اقتصادی و درمانی دارای محبوبیت فراوانی می‌باشد [۱]. انگور میوه‌ای خوراکی با ظاهری جذاب و سرشار از قندهای مختلف، اسیدهای آلی، پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها است. علاوه بر این، پوست انگور حاوی فلاونوئیدها، رسوراترول، آنتوسیانین‌ها، اسیدهای آمینه مختلف و مواد فعال فیزیولوژیکی است که مصرف آن باعث کاهش خستگی و تصلب شرایین و در نهایت افزایش ایمنی بدن می‌گردد [۲]. انگور با سطح زیر کشت ۷۶۰ میلیون هکتار و عملکرد بیش از ۶۸۲۰ میلیون تن یکی از پرمصرف‌ترین میوه‌ها در سراسر جهان است که کشور چین در رتبه اول تولید انگور در سراسر دنیا قرار دارد [۳]. با این حال، بالا بودن محتوای قندی و آب فراوان و پوست ضعیف در انگور این میوه را مستعد فساد و ماندگاری کوتاه نموده است که در نتیجه آن خسارات اقتصادی شدیدی در طول ذخیره‌سازی، حمل و نقل و بازاریابی به همراه دارد. بنابراین، توسعه روش‌های که مدت ماندگاری این میوه را افزایش دهد، برای حل این مشکل ضروری است [۴ و ۵]. متداول‌ترین روش‌های نگهداری کوتاه مدت انگور تازه، نگهداری در سبد میوه و در دمای اتاق یا نگهداری در یخچال می‌باشد ولی برای نگهداری طولانی مدت انگور تازه، استفاده از مواد شیمیایی امری اجتناب ناپذیر است. زباله‌های خانگی حاصل از میوه‌ها و سبزیجات تازه در کشورهای اروپایی تقریباً ۵۰ درصد می‌باشد و کمیسیون اروپا اعلام کرده است که کاهش ضایعات مواد غذایی یکی از مهمترین حوزه‌ها در استراتژی اقتصادی اروپا می‌باشد [۶]. اگرچه استفاده از دی اکسید گوگرد یک روش گسترده و موثر برای جلوگیری از پوسیدگی انگور است ولی باقی‌مانده سولفیت‌ها در انگور نگرانی‌هایی برای سلامت مصرف کننده به دنبال دارد.

علاوه بر آن، دی اکسید گوگرد برای اکثر محصولات تازه بسیار مضر است و همچنین می‌تواند باعث افزایش بیماری‌های گیاهی مانند سفید شدن حبه‌ها و قهوه‌ای شدن گردد [۷]. از این رو، پوشش‌های خوراکی چند منظوره که دارای مزایای آنتی‌باکتری و آنتی‌اکسیداسیونی می‌باشد و اثر کمی بر ترکیبات مختلف مواد غذایی دارند، در سال‌های اخیر به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در حالی که می‌توانند به طور قابل توجهی کیفیت انگور را حفظ کرده و عمر نگهداری آن را افزایش دهند [۸]. از طرفی این پوشش‌های خوراکی به عنوان مانعی برای ورود رطوبت و گاز به داخل میوه عمل نموده و منجر به بهبود خواص حسی، مکانیکی و میکروبی آن‌ها می‌گردد و افزایش ماندگاری این محصولات را به همراه دارد. از پوشش‌های خوراکی ضد قارچی حاوی عصاره‌های گیاهی و اسانس‌ها برای افزایش عمر ماندگاری میوه‌های مختلف مانند آووکادو، عنب، خرمالو و غیره استفاده شده است [۹]. مالتودکسترین به دلیل هزینه پایین، عطر و طعم خنثی، ویسکوزیته کم در غلظت‌های بالا و مقاومت در برابر اکسیداسیون، یکی از پرکاربردترین مواد پلی‌ساکاریدی به عنوان دیواره در ریزپوشانی مواد مختلف می‌باشد [۱۰]. برخی از محققین از پوشش‌های خوراکی به منظور افزایش عمر نگهداری انگور استفاده کردند که می‌توان به مطالعات دسوزا و همکاران (۲۰۲۱) (با استفاده از پوشش‌های خوراکی متشکل از آلژینات، گالاتومانان، صمغ بادام هندی و ژلاتین)، هوانگ و همکاران در سال ۲۰۲۳ (پکتین و اپی گالوکاتچین گالات) و برانکوملو و همکاران (۲۰۱۸) (نانوکیروزان استخراج شده از قارچ‌ها) اشاره نمود [۱۱، ۱۲ و ۱۳]. پیراکانتا گیاهی است که رویشگاه اصلی آن جنوب شرقی اروپا و جنوب شرق آسیا می‌باشد و دارای گونه‌های متعددی است. این گیاه در خانواده گیاهان روزاسه^۱ طبقه‌بندی می‌شود. ویژگی‌های مورفولوژیکی و ریخت‌شناسی آن عبارتند از: درختچه‌ای همیشه سبز و

¹ Rosaceae

دارای برگ‌های بیضوی، ارتفاع ۱ تا ۶ متر، قطر تاج ۲ تا ۵ متر، فرم تاج آن مدور و گلدانی شکل و سریع‌الرشد است که در محیط آفتابی یا نیمه سایه کاشته می‌شود و در اوایل تابستان و اواخر بهار گلدهی می‌کند [۱۴]. میوه‌های این گیاه حاوی مواد مغذی مانند اسیدهای آمینه، ترکیبات فنولی، قندهای محلول، ویتامین‌ها، عناصر معدنی، اسیدهای چرب، پروتئین‌ها، نشاسته، پکتین و فیبر غذایی و غیره هستند. ریشه‌ها، برگ‌ها و میوه‌های آن همگی دارای ارزش دارویی و عملکردی هستند که به تقویت سیستم ایمنی بدن و طحال کمک می‌کنند. در حال حاضر از میوه‌های آن برای تولید مواد غذایی مختلف آب میوه، کنسرو و همچنین افزودنی‌های دیگر مانند رنگدانه‌ها و پکتین استفاده می‌شود و در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی، بهداشتی و سایر صنایع کاربرد فراوانی دارد [۱۵]. میوه‌های این گیاه در قاره آفریقا به صورت تازه‌خوری مصرف می‌گردد و از این میوه‌ها در تهیه ژله، سس و مربا نیز استفاده می‌شود. از طرفی در مطالعات برخی از محققین نشان داده شده است که میوه‌های این گیاه به دلیل داشتن مقادیر فراوان پروتئین، قند کل، ویتامین، مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال دارای ارزش تغذیه‌ای مناسب می باشد [۱۶ و ۱۷]. ترکیبات فیتوشیمیایی، فعالیت آنتی اکسیدانی و مهار کننده آنزیم‌های عصاره پیراکانتا توسط ساریکورکسو و تپه (۲۰۱۵) مورد بررسی قرار گرفت و این محققین نشان دادند که عصاره اتانولی این گیاه سرشار از فنولیک‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌های تغلیظ کننده و ساپونین‌ها می‌باشد و این عصاره از توانایی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و قدرت احیاکنندگی یون آهن بالای برخوردار است و همچنین بازدارندگی مناسبی روی آنزیم‌های استیل کولین استراز، بوتیریل کولین استراز، α -آمیلاز، α -گلوکوزیداز و تیروزیناز دارد [۱۸]. ترکیبات ضد میکروبی مورد استفاده برای فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی باید به عنوان ایمن (GRAS) شناخته شده باشند و برای استفاده به عنوان افزودنی‌های غذایی توسط سازمان غذا و داروی ایالات

متحده (FDA) یا سازمان ایمنی غذای اروپا (EFSA) تایید شده باشند [۱۹]. افزودنی‌های غذایی به طور گسترده به عنوان نگهدارنده برای کنترل pH، طعم یا خواص کیفی مواد غذایی استفاده می‌شوند. در میان آنها، نمک‌های آلی و معدنی مختلف دارای اثر ضد میکروبی هستند و ممکن است جایگزین خوبی برای استفاده از قارچ‌کش‌های مصنوعی باشند. در دسترس بودن، هزینه نسبتاً پایین و حلالیت بالا در آب از مزایای اصلی این ترکیبات می‌باشد [۲۰]. کربنات پتاسیم یک ترکیب معدنی (نمک) با فرمول K_2CO_3 می‌باشد که این ترکیب یک نمک سفید است که به راحتی در آب و حلال‌های دیگر مانند دی متیل سولفوکسید حل می‌شود. کربنات پتاسیم دارای خواص رقیق کنندگی با ظاهری مرطوب می‌باشد. از خصوصیات ویژه این نمک می‌توان به محتوای یونی بالا، پایداری حرارتی خوب، عدم فراریت، غیر قابل اشتعال و ویسکوزیته کم اشاره نمود که در تولید پلی‌مرهای سازگار با محیط زیست نیز کاربرد دارد [۲۱]. این ماده از سال ۱۹۹۵ به فهرست افزودنی‌های مجاز خوراکی افزوده گردیده است که برای مثال می‌توان از آن برای ایجاد رنگ بهتر در کاکائو استفاده نمود و در کشور ژاپن نیز از این ماده در مواد غذایی مختلف از قبیل میوه‌های فراوری شده استفاده می‌گردد [۲۲ و ۲۳]. از میان تمامی تکنیک‌های آماری، سامانه استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS) برای مدل‌سازی کارایی بهتری دارد که می‌تواند به طور موثر برای مسائل پیچیده غیرخطی مانند خشک کردن، آب‌گیری اسمزی و استخراج مواد شیمیایی گیاهی از محصولات کشاورزی برای ایجاد رابطه بین ورودی و پاسخ‌های مربوطه به کار گرفته شود [۲۴]. از این تکنیک برخی از محققین مانند زندی و همکاران (۲۰۲۱) و هوانگ همکاران (۲۰۱۲) به ترتیب برای مدل‌سازی مدت نگهداری میوه زالزالک و بایبری استفاده نمودند [۲۵ و ۲۶]. با توجه به این‌که تاکنون هیچ گونه پژوهشی در زمینه‌ی استفاده از پوشش خوراکی حاوی عصاره پیراکانتا و نانوکربنات پتاسیم به منظور افزایش

ماندگاری میوه انگور و مدل‌سازی آن با استفاده از سامانه انفیس صورت نگرفته است به همین دلیل در پژوهش حاضر مدل‌سازی استفاده از پوشش خوراکی حاوی عصاره پیراکانتا و نانوکربنات پتاسیم به منظور افزایش عمر انبارداری انگور با استفاده از سامانه انفیس بررسی گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

انگور رقم ریش بابا از شهرستان ملایر استان همدان خریداری و بلافاصله به آزمایشگاه پژوهشگاه انگور و کشمش دانشگاه ملایر منتقل و بر اساس یکنواختی در بلوغ، اندازه، رنگ و عدم عفونت قارچی یا علائم آسیب فیزیکی درجه‌بندی شد. برای این مطالعه پودر مالتودکسترین (پودر سفید رنگ محلول در آب با اکی‌والان دکستروز کمتر از ۲۰ و ۴ درصد رطوبت) و تری کلرواستیک اسید (با فرمول مولکولی CCl_3COOH ، چگالی توده‌ای ۰/۹۰۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب و نقطه ذوب ۵۴-۵۶ درجه سانتی‌گراد) از شرکت مرک آلمان و نانوکربنات پتاسیم (با درجه خلوص ۹۹/۵ و اندازه ذرات ۱۰۰ نانومتر) از آزمایشگاه نانو فناوری دانشگاه ملایر تهیه گردید.

۲-۲- استخراج عصاره پیراکانتا و تهیه پوشش‌های مورد

مطالعه

برای تهیه عصاره پیراکانتا، میوه‌های پیراکانتا به نسبت ۱ به ۴ با آب مقطر (۲۵ گرم با ۱۰۰ میلی‌لیتر) در دمای اتاق مخلوط شده و پس از هم‌وزن کردن در دستگاه فراصوت (*Topsonics*، لتونی) به مدت ۶ دقیقه با توان ۴۰۰ وات جهت استخراج قرار داده شدند و پس از عملیات صاف کردن، عصاره حاصل در غلظت‌های مختلف جهت آماده‌سازی محلول‌های پوشش مورد

استفاده قرار گرفت. جهت تهیه محلول مالتودکسترین، بعد از اضافه کردن پودر آن به آب مقطر عمل هم‌زدن در شرایط آزمایشگاهی به آرامی انجام گرفت تا به‌طور کامل حل شود. به منظور آبیگری، بیوپلیمر مالتودکسترین برای مدت ۳۰ دقیقه بعد از حل شدن هم‌زده شد و در نهایت با افزودن سه غلظت مختلف از عصاره آبی پیراکانتا (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد وزنی) و سه غلظت مختلف نانوکربنات پتاسیم (۰، ۱ و ۲ درصد وزنی) محلول‌های پوشش آماده شدند و مجدداً تحت امواج فراصوت با توان ۴۰۰ وات به مدت ۵ دقیقه قرار گرفتند [۲۷ و ۲۸].

۲-۳- عملیات پوشش‌دهی انگورها

خوشه‌های انگور در هر محلول پوشش تهیه شده، به مدت ۱۵ دقیقه غوطه ور شده تا عمل پوشش‌دهی صورت گیرد. پس از قرار دادن در روی کاغذ خشک‌کن در دمای آزمایشگاه و خشک شدن، یک خوشه از این میوه‌ها به وزن تقریبی ۲۵۰ گرم در ظروف پلی پروپیلنی بسته بندی شده و به سردخانه با دمای ۱- درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل گردیدند و در فواصل زمانی مشخص (۰ تا ۶۰ روز) از سردخانه خارج شده و به منظور شبیه‌سازی شرایط فروش به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفته سپس بررسی شدند. تیمارهای مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱، آورده شده است.

Table 1- Experiment design

Run	storage time (day)	Concentration of potassium nanocarbonate (%)	Concentration of pyracantha extract (%)
1	30	2	0.75
2	30	1	0.75
3	0	0	0
4	30	1	0.75
5	0	1	0.75
6	0	2	1.5
7	0	0	1.5
8	60	1	0.75
9	30	1	0.75
10	30	1	1.5
11	60	0	0
12	30	1	0.75
13	30	1	0
14	30	1	0.75
15	60	2	0
16	30	1	0.75
17	60	2	1.5
18	60	0	1.5
19	30	0	0.75
20	0	2	0

(Atago، ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مقدار مواد

جامد محلول تعیین گردید [۲۹].

۲-۵- درصد ریزش حبه

برای اندازه‌گیری درصد ریزش حبه، خوشه‌های انگور در فاصله ۵ سانتی‌متری از دست قرار گرفت و به‌صورت یکنواخت سه بار به هر خوشه ضربه وارد کرده و تعداد

۲-۴- اندازه‌گیری مواد جامد محلول (بریکس)

میزان بریکس نمونه‌ها طبق روش روش داودی و همکاران (۲۰۲۲) اندازه‌گیری شد. بدین منظور از هر نمونه ۵ عدد حبه انتخاب و عصاره‌گیری انجام شد و پس از صاف کردن عصاره‌های تهیه شده توسط دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی

۲-۸- عطر و طعم نمونه‌ها

به منظور بررسی عطر و طعم نمونه‌های انگور از آزمون چشایی و روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده و نمره‌دهی براساس خیلی خوب (نمره ۵) تا خیلی بد (نمره ۱) انجام شد. تعداد پانلیست‌ها ۱۲ نفر در ۳ تکرار در نظر گرفته شد [۳۳].

۲-۹- مدل‌سازی با استفاده از انفیس

در آموزش ساختار انفیس از روش هیبرید که ترکیب روش حداقل مربعات و روش پس انتشار می باشد، استفاده شد و حد خطا که برای ایجاد یک معیار توقف آموزش مورد استفاده قرار می‌گیرد بر روی صفر تنظیم گردید. برای بهینه‌سازی مدل از انواع و تعداد متفاوتی تابع عضویت استفاده شد تا تعداد و نوع بهینه آن مشخص شود. زمان نگهداری (روز)، غلظت نانوکربنات پتاسیم (درصد) و غلظت عصاره پیراکانتا (درصد) به‌عنوان ورودی و میزان بریکس، ریزش حبه، مالون دی‌آلدهید، قهوه‌ای شدن خوشه و عطر و طعم نمونه‌ها به‌عنوان خروجی در مدل انفیس مشخص گردید. در این مطالعه از سیستم استنتاج فازی نوع سوگنو استفاده شد و جهت یافتن مدل بهینه، توابع عضویت مثلثی، دوزنقه‌ای و گوسی و با توجه به سه متغیره بودن ورودی مدل با ۲-۲-۲ و ۳-۳-۳ تابع عضویت مورد بررسی قرار گرفت و کارایی مدل‌های به‌دست آمده به وسیله مقادیر ضریب همبستگی (R^2) و میانگین مجذور مربع خطا (MSR) که به ترتیب با استفاده از روابط ۱ و ۲ تعیین می‌شوند، ارزیابی گردیدند [۳۴].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_{pi} - X_{ei})^2}{\sum_{i=1}^N (X_{pi} - \bar{X})^2}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{pi} - X_{ei})^2$$

حبه‌های ریزش کرده شمارش گردید، در نهایت کل حبه‌های هر خوشه شمارش و درصد ریزش حبه‌ها محاسبه گردید [۳۰].

۲-۶- تعیین میزان مالون دی‌آلدهید

برای اندازه‌گیری غلظت مالون دی‌آلدهید از روش یووی و یانژی (۲۰۱۳) استفاده گردید [۳۱]. طبق این روش ۰/۵ گرم از بافت میوه در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصد (حاوی ۰/۵ درصد تیوباربتوریک اسید) ساییده و عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ (Thermo، ژاپن) شد. محلول رویی به مدت ۲۵ دقیقه در حمام آب گرم (ممرت، آلمان) با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شده و پس از کاهش فوری دما با یخ خرد شده به مدت ۵ دقیقه با همان دور قبلی سانتریفوژ گردید. برای حذف اثر ترکیبات مزاحم، شدت جذب این محلول ابتدا در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر (Varian Cary 300، آمریکا) قرائت شد و از مقدار جذب آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر کسر شد. غلظت مالون دی‌آلدهید با استفاده از ضریب خاموشی $cm^{-1} \mu mol^{-1} 155$ و برحسب میکرومول بر گرم وزن تر نمونه محاسبه و گزارش گردید.

۲-۷- ارزیابی میزان قهوه‌ای شدن خوشه‌ها

در این مطالعه برای ارزیابی میزان قهوه‌ای شدن خوشه‌های انگور از روش نمره‌دهی کریسوستو و همکاران (۲۰۰۱) و مطابق جدول ۲، استفاده شد [۳۲].

Table 2- Scores the color of grape cluster

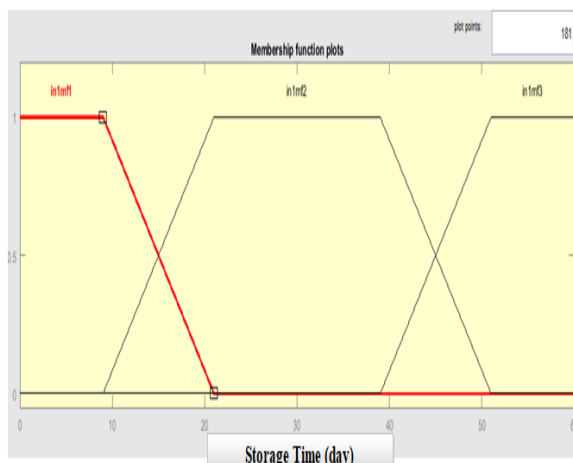
Cluster color	Green	Brownish green	Light brown	Medium brown	Dark brown
Score	5	4	3	2	1

رابطه (۲)

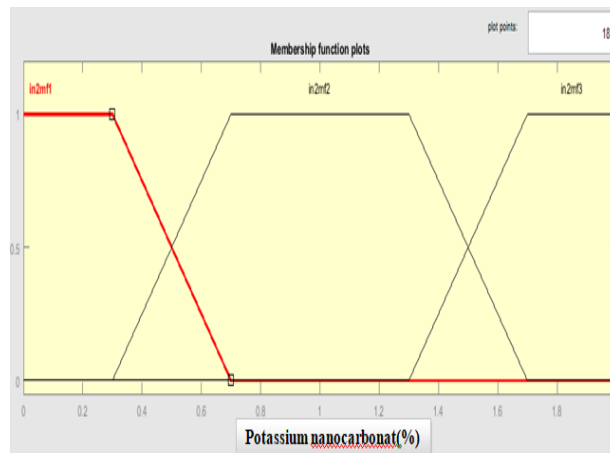
دوزنقه‌ای با سه تابع برای متغیر زمان نگهداری، شکل ۱ (b) تابع عضویت دوزنقه‌ای با سه تابع برای متغیر غلظت نانوکربنات پتاسیم و در نهایت شکل ۱ (c) تابع عضویت دوزنقه‌ای با سه تابع به‌عنوان نمونه‌ای از توابع به کار رفته در این تحقیق نمایش داده شده است.

در این معادلات X_{pi} متغیر پیش‌بینی شده توسط شبکه X_{ei} مقدار واقعی حاصل از انجام آزمایشات و $\bar{X}$ میانگین مقادیر آزمایشگاهی و N تعداد کل مشاهدات است.

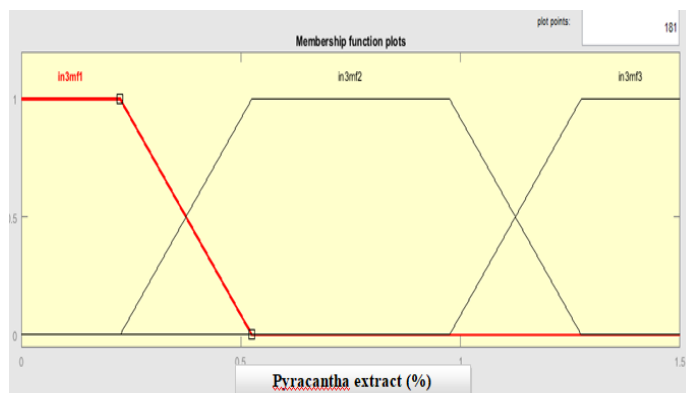
در این پژوهش برای مدل‌سازی از نرم‌افزار متلب استفاده شد. در این نرم افزار امکان طراحی انواع و تعداد دلخواه توابع عضویت امکان‌پذیر می‌باشد. در شکل ۱ (a) تابع عضویت



a)



b)



c)

Figure 1- The trapezoidal membership function with 3 functions for storage time (a), potassium nanocarbonate (b) and Pyracantha extract concentration(c)

مشخص می‌گردد. همانطور که در این شکل مشخص است هر شبکه انفیس از ۵ لایه تشکیل می‌شود که به ترتیب ورودی‌ها، توابع عضویت مربوط به ورودی‌ها، قوانین، توابع عضویت مربوط به خروجی‌ها و خروجی‌ها را شامل می‌شود.

در شکل ۲، نیز به عنوان نمونه ساختاری از مدل انفیس با سه ورودی و با سه تابع عضویت نشان داده شده است که با استفاده از آن تعداد قوانین و ارتباطات توابع عضویت

نگهداری در سردخانه باشد. ولی پوشش حاوی نانو کربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا مانع کاهش رطوبت میوه انگور و افزایش بریکس طی دوره انبارداری گردید (شکل ۳). بریکس به فاکتورهای زیادی از جمله میزان قند میوه، اسیدیته و پکتین‌های محلول در میوه بستگی دارد. مواد جامد محلول در این مطالعه روند افزایشی را پیش گرفته که علت اصلی افزایش این میزان مواد جامد محلول در طی نگهداری میوه، از دست رفتن آب میوه، بالا بودن تنفس، تولید اتیلن و در نتیجه بالا بودن سرعت پیری در این نمونه‌هاست که منجر به شکستن پلی ساکاریدهای موجود در دیواره و غشای سلولی شده و سبب افزایش مواد جامد محلول شده‌اند. هر عاملی که از شکستن دیواره‌های سلولی جلوگیری کند و یا آن را کاهش دهد موجب جلوگیری از افزایش غیر عادی بریکس خواهد شد [۳۵]. در نمونه‌های پوشش داده شده روند افزایش ملایم‌تر بوده که با کاهش قطر منافذ سطح میوه به وسیله پوشش و در نتیجه کاهش میزان از دست رفتگی آب و تنفس این موضوع توجیه می‌شود. همراستا با این نتایج آیشه و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی تاثیر پوشش خوراکی حاوی اسانس دارچین بر برخی از خصوصیات گوجه‌فرنگی در طی انبارداری بیان داشتند که با گذشت زمان میزان بریکس افزایش می‌یابد که این افزایش در نمونه‌های پوشش داده شده با شدت کمتری اتفاق می‌افتد [۳۶].

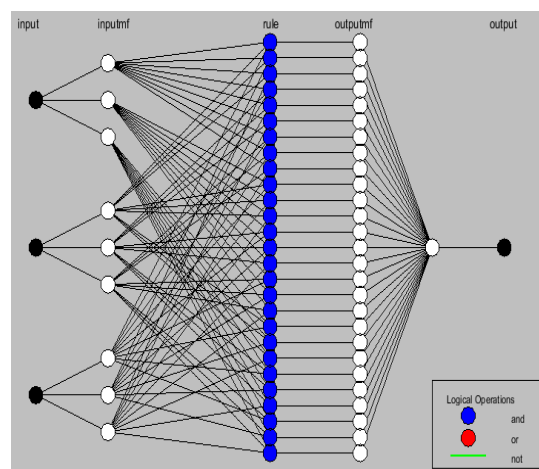
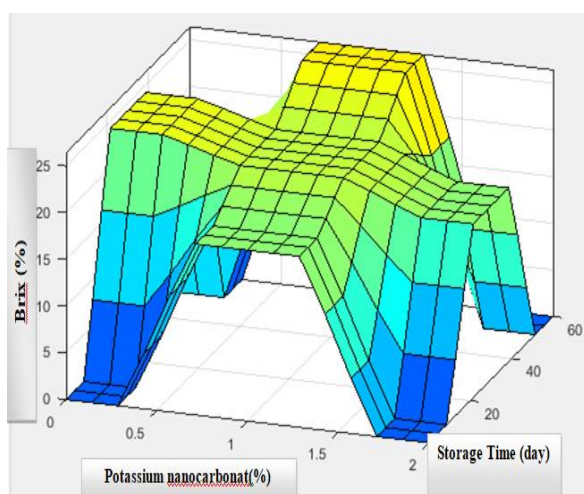
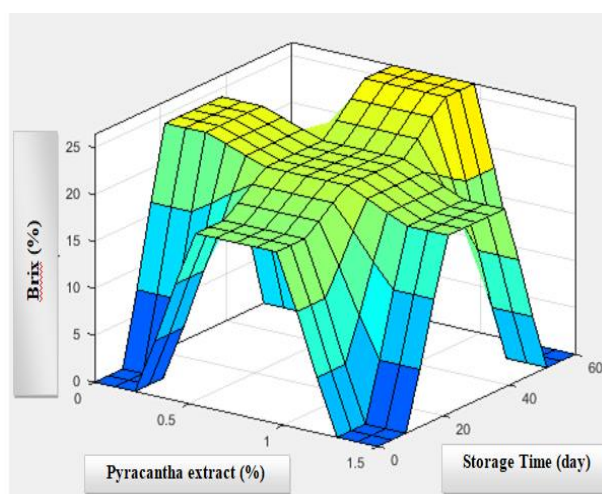


Figure 2-Structure of ANFIS model sample with 3 inputs and 3 membership functions for each input

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بریکس

با توجه به نتایج آورده شده در جدول ۳ و مقادیر ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطای ارائه شده، تابع دوزنقه‌ای با ۳-۳ تابع عضویت برای متغیر خروجی بریکس به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش زمان انبارداری مقدار مواد جامد محلول (بریکس) در تمامی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد که در نمونه شاهد مقدار بریکس، روند افزایشی سریعتری نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده داشت. این اثر می‌تواند به علت از دست رفتن آب و بالا رفتن غلظت مواد جامد محلول در میوه طی دوره



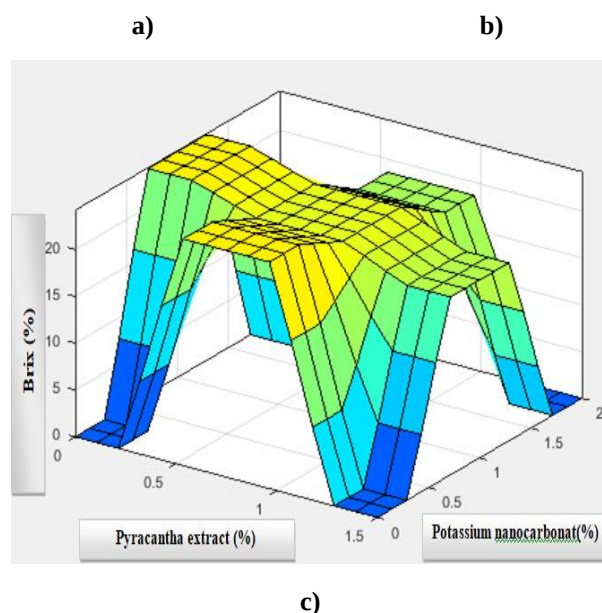


Figure 3- Effect of storage time and concentration of potassium nanocarbonate (a), storage time and concentration of Pyracantha extract (b) and concentration of nanocarbonate and Pyracantha extract (c) on Brix

Table 3- The comparison of hidden layers and the number of neurons in each hidden layer on the accuracy of output variables prediction.

		The type and membership functions of input variables					
		Triangular	Trapezoidal	Gaussian	Triangular	Trapezoidal	Gaussian
		2 2	2 2	2 2	3 3	3 3	3 3
Desirable output	evaluation criteria						
Brix	R^2	0.971	0.936	0.978	0.956	0.995	0.985
	MSE	0.0251	0.0025	0.0369	0.0258	0.0265	0.0589
Dropping berry	R^2	0.908	0.865	0.968	0.927	0.928	0.998
	MSE	0.0651	0.0235	0.0358	0.0338	0.0275	0.0189
Malondialdehyde	R^2	0.929	0.927	0.917	0.999	0.944	0.948
	MSE	0.0651	0.0235	0.0158	0.0108	0.1325	0.1058
Cluster browning	R^2	0.819	0.913	0.937	0.998	0.924	0.978
	MSE	0.0651	0.0235	0.0158	0.0118	0.1295	0.1009
Aroma and taste	R^2	0.914	0.922	0.948	0.998	0.978	0.918
	MSE	0.0651	0.0235	0.0378	0.0158	0.1275	0.1199

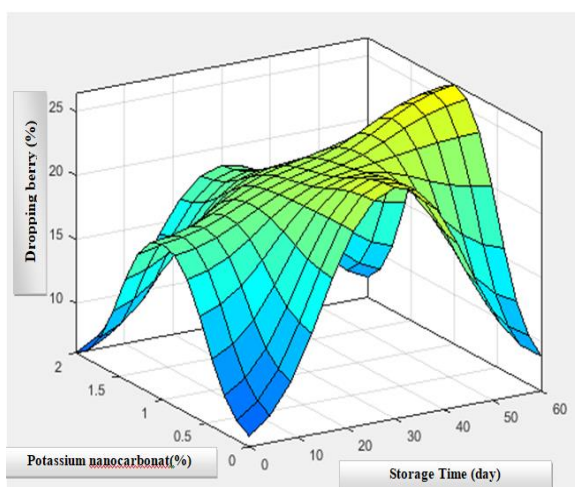
جدول ۳، نشان داد که برای ویژگی ریزش حبه تابع گوسی

با ۳-۳ تابع عضویت بهترین مدل انتخاب گردید. از طرفی

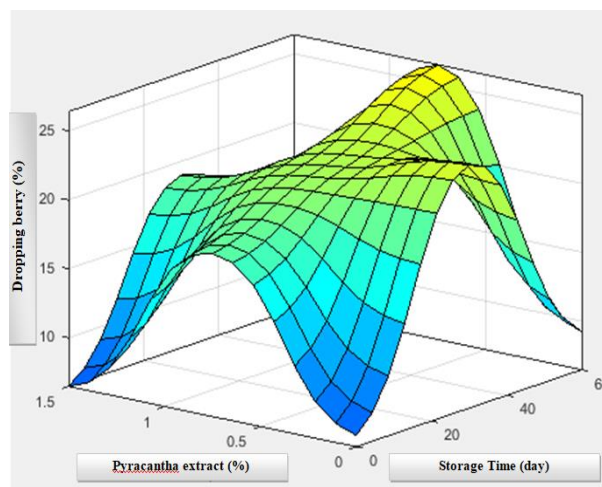
۳-۲- درصد ریزش حبه

عفونت تشکیل دهد و از جوانه‌زنی و رشد میسیلیوم کپکی روی میوه جلوگیری کند، در نتیجه نرم‌شدگی، ریزش حبه و قهوه‌ای شدن خوشه به تعویق خواهند افتاد [۳۷]. همچنین با افزایش زمان انبارداری، افزایش شدت تنفس همراه با تولید اتیلن باعث کاهش سطوح اکسیژن شده که ریزش میوه را تحریک می‌کند [۳۸]. چن و همکاران (۲۰۱۹) نیز همراه با یافته‌های این بخش نشان دادند که افزایش زمان نگهداری منجر به افزایش ریزش حبه انگور ولی پوشش‌دهی منجر به کاهش این پارامتر می‌گردد [۳۹].

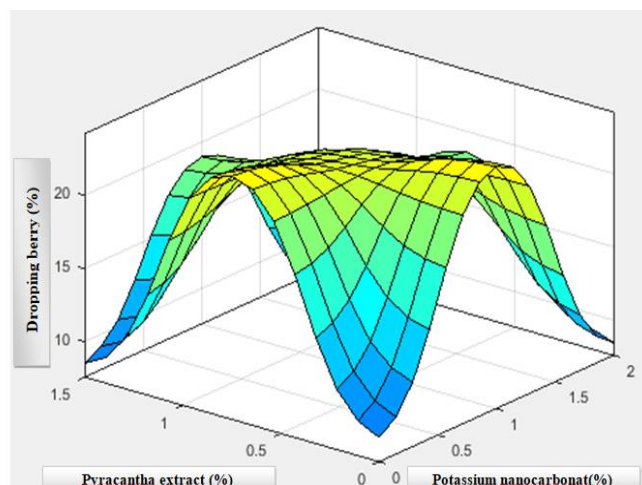
نتایج نشان داد که درصد ریزش حبه با افزایش زمان نگهداری افزایش ولی با افزایش غلظت نانوکربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا کاهش یافت (شکل ۴). علت ریزش حبه‌ها با گذشت زمان انبارداری را می‌توان به آلودگی قارچی و کاهش رطوبت درخوشه‌ها نسبت داد. دهستانی اردکانی و مستوفی (۲۰۱۹) بیان داشتند که استفاده از اسانس گیاهی و پوشش‌دهی به علت کاهش فعالیت ضد قارچی سبب کاهش ریزش حبه و مشکل قهوه‌ای شدن خوشه می‌گردد. آن‌ها اشاره کردند که کیتوزان می‌تواند یک مانع فیزیکی در برابر



a)



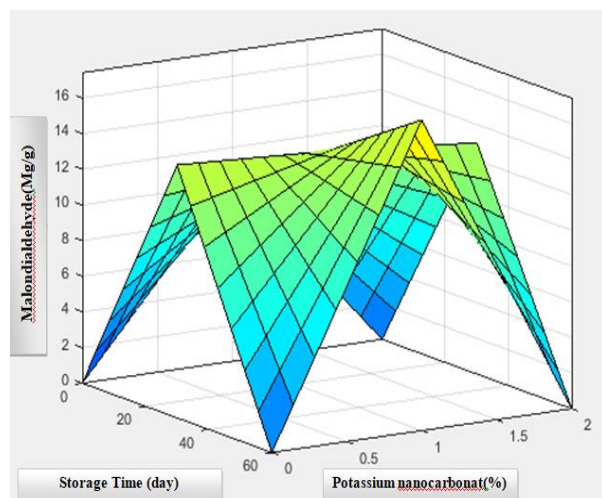
b)



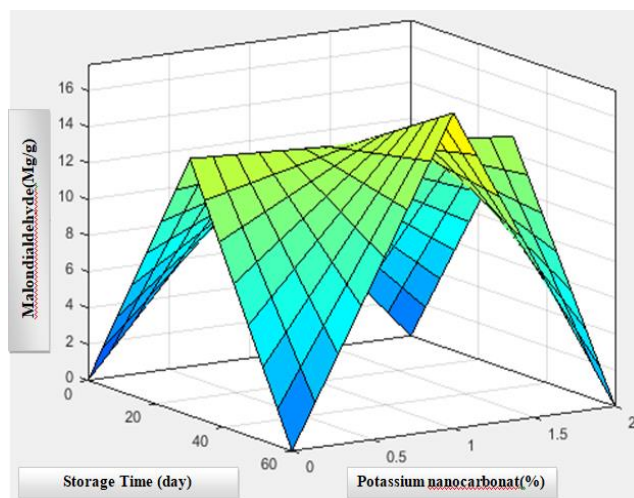
c)

Figure 4- Effect of storage time and concentration of potassium nanocarbonat (a), storage time and concentration of Pyracantha extract (b) and concentration of nanocarbonat and Pyracantha extract (c) on dropping berry

و پراکسیداسیون لیپیدها است، به عنوان یک نشانگر زیستی مناسب برای اکسیداسیون لیپیدها مورد استفاده قرار می گیرد و با توجه به عملکرد منفی آن در برابر سلامت، نیاز به ارزیابی آن در محصولات باغبانی و غذایی احساس می شود [۴۰]. در این مطالعه طی زمان نگهداری میوه انگور در انبار میزان مالون دی آلدئید افزایش یافت که این افزایش در نمونه شاهد نسبت به نمونه پوشش داده شده محسوس بود. این نتایج نشان می دهند که پوشش دهی میوه انگور مانعی در برابر اکسیداسیون لیپیدها و در نتیجه تخریب غشای سلولی بوده است. یووی و یانژی (۲۰۱۳) با بررسی تاثیر پوشش خوراکی حاوی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین بر برخی از خواص کیفی انگور بیان داشتند که با افزایش نگهداری میزان مالون دی آلدئید افزایش ولی استفاده از پوشش منجر به کاهش آن گردید که همراستا با نتایج این بخش بود [۳۱]. از طرفی نتایج حاصل از این مطالعه مشابه با نتایج پژوهش سایر محققان می باشد [۴۱ و ۴۲].



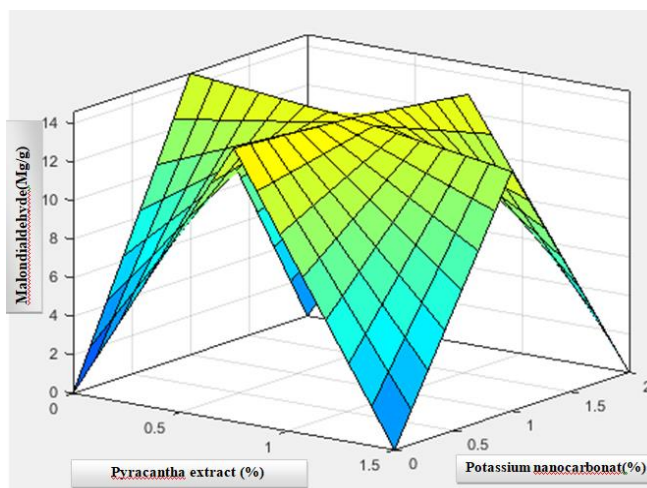
a)



b)

۳-۳- تغییرات مالون دی آلدئید

با توجه به نتایج آورده شده در جدول ۳ و مقادیر ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطای ارائه شده، تابع مثالی با ۳ - ۳ تابع عضویت برای متغیر خروجی تغییرات مالون دی آلدئید به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید. نتایج نشان داد که با افزایش زمان انبارداری میزان مالون دی آلدئید افزایش ولی با افزایش غلظت عصاره پیراکانتا و نانوکربنات پتاسیم کاهش یافت (شکل ۵). مهمترین بخش از خسارت های ناشی از نگهداری انگور در انبار، تولید رادیکال های آزاد مربوط به پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی است که موجب تولید مالون دی آلدئید می شود. این واکنش در شرایط انبارمانی میوه و در حضور اکسیژن فعال سرعت بیشتری پیدا می کند. پراکسیداسیون چربی های غشایی می تواند منجر به پارگی غشا سلولی در گیاهان شود. مالون دی آلدئید که محصول تجزیه اسیدهای چرب غیراشباع



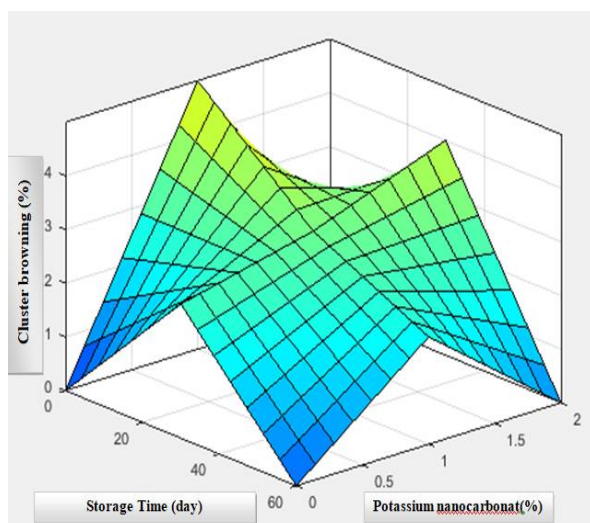
c)

Figure 5- Effect of storage time and concentration of potassium nanocarbonate (a), storage time and concentration of Pyracantha extract (b) and concentration of nanocarbonate and Pyracantha extract (c) on Malondialdehyde

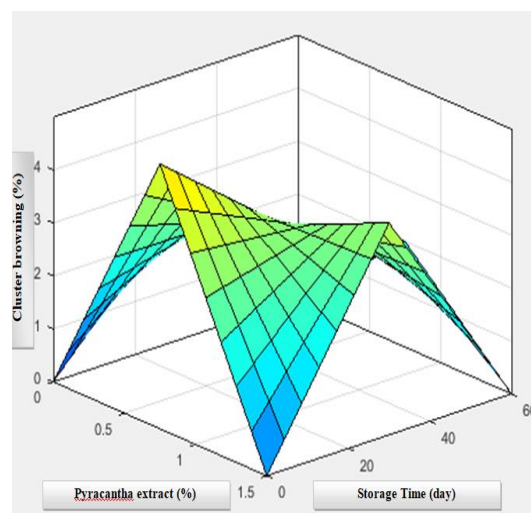
داده شده با هر دو ترکیب امتیاز بالاتری را اختصاص دادند (شکل ۶). با افزایش زمان نگهداری میزان قهوه‌ای شدن به خاطر از دست دادن آب حبه‌ها و اینکه چوب خوشه بیشترین حساسیت را به قهوه‌ای شدن دارد، افزایش می‌یابد. در واقع قهوه‌ای شدن ساقه‌ها با از دست دادن آب و تجزیه کلروفیل ارتباط دارد [۴۳]. فنگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز با استفاده از پوشش خوراکی حاوی ایزوله پروتئین آب پنیر میزان شاخص قهوه‌ای شدن برش‌های سیب را در طول نگهداری کاهش دادند [۴۴].

۳-۴- شاخص قهوه‌ای شدن خوشه انگور

جدول ۳، مشخص نمود که برای ویژگی شاخص قهوه‌ای شدن خوشه انگورها تابع مثلثی با ۳-۳ تابع عضویت بهترین مدل انتخاب گردید. رنگ خوشه انگور بدن پوشش از نظر ارزیابی‌ها از رنگ سبز در روزهای اول نگهداری به تدریج به قهوه‌ای تیره تغییر رنگ داد. نانو کربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا سبب کاهش سرعت تغییر رنگ خوشه، طی نگهداری در سردخانه شدند و ارزیابی‌ها به نمونه‌های پوشش



a)



b)

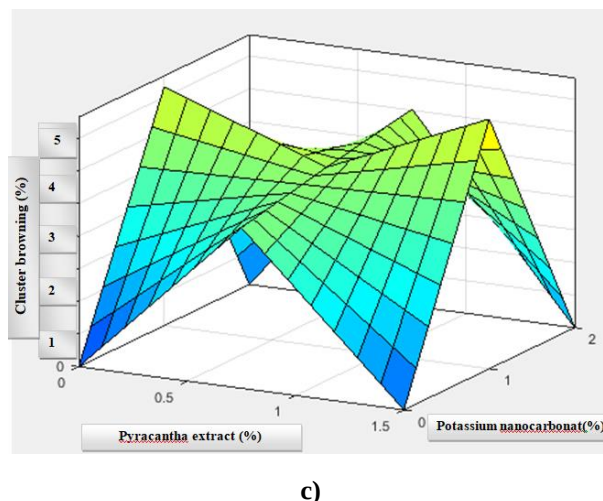
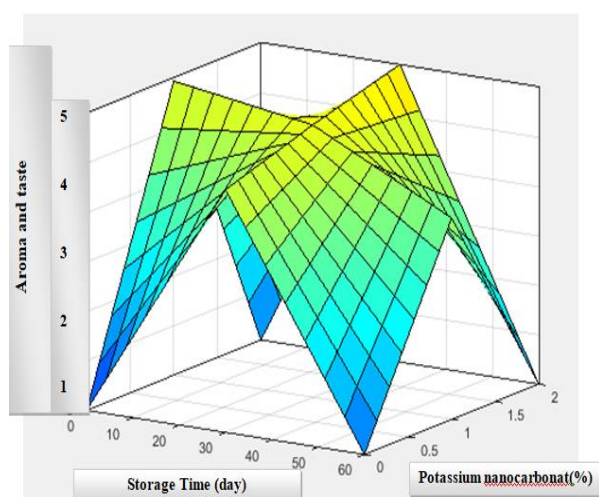


Figure 6- Effect of storage time and concentration of potassium nanocarbonat (a), storage time and concentration of Pyracantha extract (b) and concentration of nanocarbonat and Pyracantha extract (c) on cluster browning

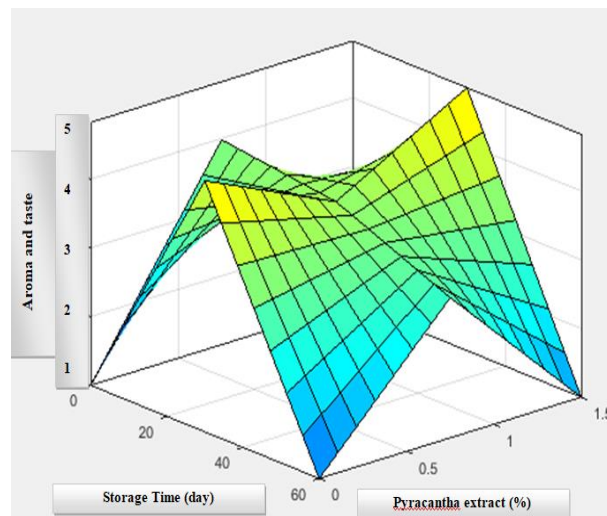
محسوسی می‌یابد [۴۵]. در نمونه‌های پوشش داده شده به دلیل شدت تنفس کمتر، حفظ ترکیبات عامل عطر و طعم میوه بیشتر است. زیرا ممکن است با کمتر شدن تنفس میوه، مواد و ترکیبات تلخ مزه‌ای تولید شوند و بر پذیرش میوه اثر منفی بگذارند که با به دست آمدن این نتایج، کیفیت بهتر میوه‌های پوشش داده شده از نظر ویژگی‌های حسی نیز تصدیق شد [۴۶]. در مطالعه وارگاس و همکاران (۲۰۰۶) کاهش تغییرات عطر و طعم نمونه‌های پوشش دهی شده با کیتوزان به همراه اسیداولئیک در مقایسه با نمونه شاهد گزارش شد [۴۷]. به‌طور کلی نتیجه مطالعه حاضر و سایر مطالعات نشان داد که پوشش‌های خوراکی تأثیر منفی ناشی از کاهش کیفیت در طی دوره نگهداری را کاهش می‌دهند و می‌توانند ویژگی‌های حسی میوه‌های پوشش داده شده را در سطح مطلوبی حفظ نمایند.

۳-۵- عطر و طعم نمونه‌ها

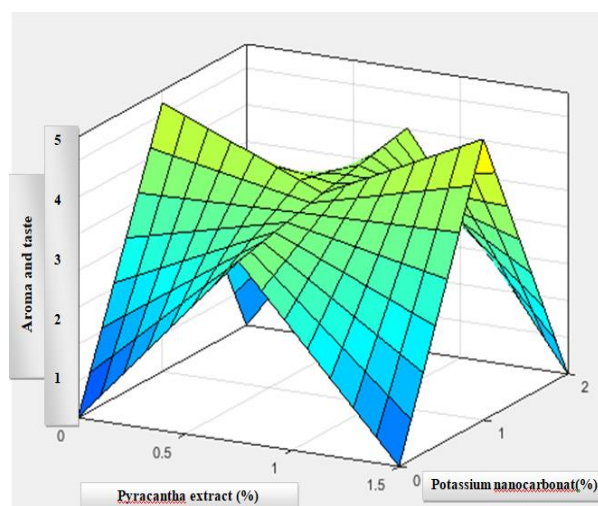
با توجه به نتایج آورده شده در جدول ۳ و مقادیر ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطای ارائه شده، تابع مثلی با ۳ - ۳ تابع عضویت برای متغیر خروجی تغییرات عطر و طعم نمونه‌ها به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید. در بررسی ویژگی عطر و طعم در ارزیابی حسی با افزایش زمان ماندگاری، امتیازات کسب شده برای عطر و طعم نمونه‌ها کاهش یافت و کاربرد پوشش خوراکی سبب حفظ عطر و طعم طبیعی انگور طی دوره سردخانه‌گذاری شد و با افزایش درصد نانو کربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا این اثر افزایش یافت (شکل ۷) و این دو ترکیب هیچ‌گونه عطر و طعم اضافی و نامطلوبی را در انگور ایجاد نکردند. طی نگهداری میوه در انبار کیفیت ظاهری و خوراکی آن (عطر و طعم)، به دلیل افزایش تنفس و فعالیت‌های آنزیمی میوه، کاهش



a)



b)



c)

Figure 7- Effect of storage time and concentration of potassium nanocarbonat (a), storage time and concentration of Pyracantha extract (b) and concentration of nanocarbonat and Pyracantha extract (c) on aroma and taste

ضریب رگرسیون مقادیر خروجی‌های مورد نظر محاسبه شده در آزمایشگاه و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل در این مطالعه در شکل شماره ۸ آورده شده است. مقادیر ضریب R^2 بالاتر از ۰/۹۹ در این اشکال، نشان دهنده کارایی و دقت مدل‌های ارائه شده برای پیش‌بینی پارامترهای مورد نظر می‌باشد. زندی و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که سیستم استنتاج فازی-عصبی- فازی عملکرد قابل قبولی در طبقه‌بندی کیفی و پیش‌بینی خصوصیات فیزیکوشیمیایی لیموشیرین برخوردار است و با توجه به

۳-۶- بررسی دقت پیش‌بینی خروجی‌های مدل

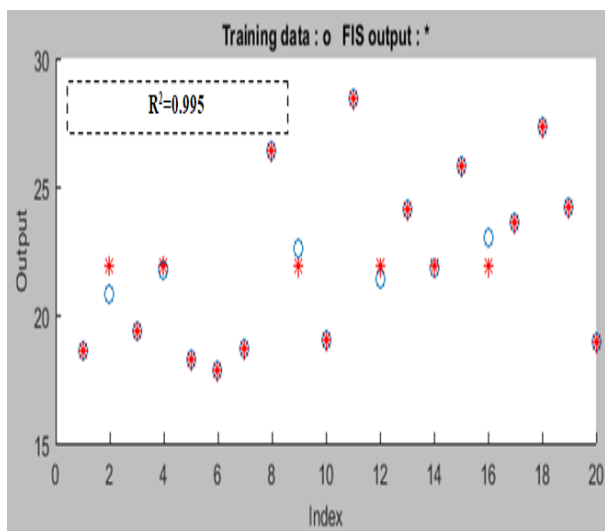
براساس نتایج به‌دست آمده، اغلب مدل‌ها از دقت تخمین مناسبی جهت پیش‌بینی خروجی‌های مورد نظر برخوردار بودند. ساختار نهایی مدل‌های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی شامل تعداد توابع عضویت برای هر ورودی، تعداد قوانین، تعداد دوره‌های آموزش و نوع توابع عضویت ورودی و خروجی در جدول ۴، نشان داده شده است.

استفاده از خصوصیات استخراجی از تصاویر، به عنوان روش غیرمخرب در سردخانه‌ها قابل استفاده است. در این مطالعه دقت الگوریتم طبقه‌بندی برای توابع عضویت گوسی، مثلثی و دوزنقه‌ای به ترتیب ۰/۹۷۵، ۰/۹۳۱ و ۰/۹۶۰ بود [۴۸]. استفاده از سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی و رگرسیون خطی چندگانه برای تخمین طعم پرتقال توسط مکرم و همکاران (۲۰۱۹) مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که سامانه انفیس با دقت ۰/۸۹۷،

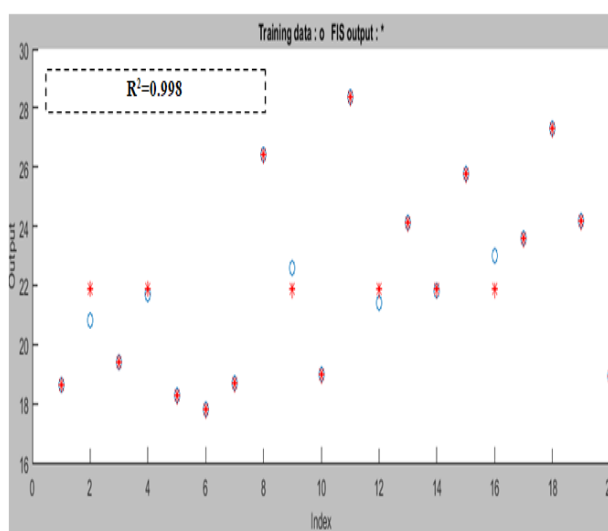
۰/۹۰۱ و ۰/۸۹۷ به ترتیب قابلیت پیش‌بینی برای ویژگی‌های میزان ویتامین ث، رنگ قرمز و آبی را دارا می‌باشد [۴۹]. اثرات زمان برداشت و نگهداری بر کیفیت نگهداری گلابی معطر کورلا بر اساس سامانه انفیس توسط نیو و همکاران (۲۰۲۰) مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که سامانه انفیس با دقت ۰/۹۸ می‌تواند برخی از ویژگی‌های کیفی گلابی را پیش‌بینی نماید [۵۰].

Table 4-ANFIS optimized models parameters chosen for intended outputs.

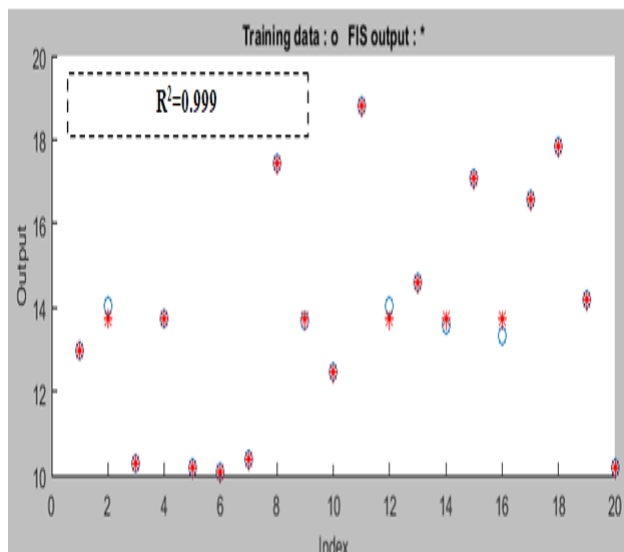
Intended parameter	Brix	Dropping berry	Malondialdehyde	Cluster browning	Aroma and taste
Number of membership functions for Storage time	3	3	3	3	3
Number of membership function for potassium nano carbonate concentration	3	3	3	3	3
Number of membership functions for Pyracantha extract concentration	3	3	3	3	3
Type of inputs membership function	Trapezoidal	Gaussian	Triangular	Triangular	Triangular
Number of laws	27	27	27	27	27
Type of outputs membership functions	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant



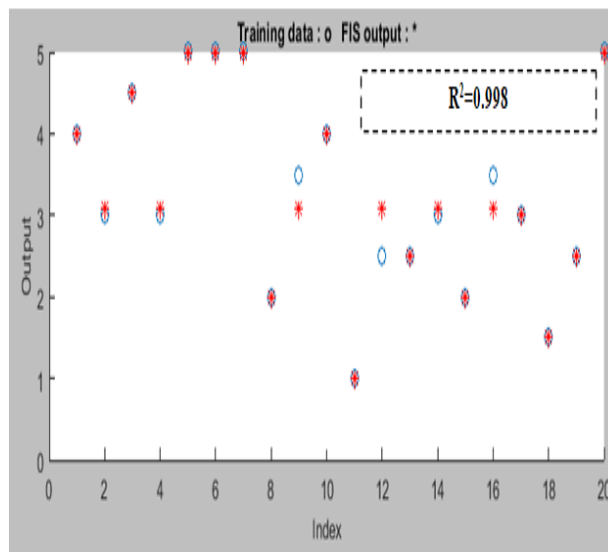
a)



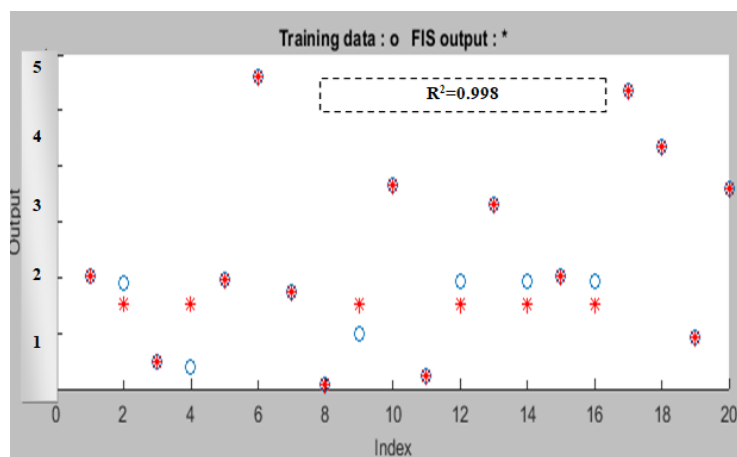
b)



c)



d)



e)

Figure 8- The comparison of laboratory data and amounts predicted by ANFIS model for brix (a), Dropping berry (b), malondialdehyde (c), cluster browning (d) and aroma and taste (e)

کنترل‌های بر خط می‌توان استفاده از آن‌ها را برای کنترل بهتر فرایندهای صنعتی و کاهش هزینه‌ها، زمان و از طرفی بهبود محصول نهایی توصیه نمود. از طرفی نتایج نشان داد که با افزایش زمان انبارداری، میزان بریکس، درصد ریزش حبه، مالون‌دی آلدئید و قهوه‌ای شدن خوشه در تمامی نمونه‌ها افزایش ولی میزان عطر و طعم نمونه‌ها کاهش پیدا کرد ولی استفاده از پوشش حاوی نانو کربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا سبب کاهش سرعت این تغییرات گردید.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، امکان پیش‌بینی خروجی‌های مختلف شرایط نگهداری خوشه‌های انگور پوشش‌دهی شده با مالتودکسترین حاوی نانوکربنات پتاسیم و عصاره پیراکانتا با استفاده از سامانه استنتاج فازی عصبی تطبیقی بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که، سامانه انفیس ابزار مفیدی برای پیش‌بینی و یافتن نگاشت غیرخطی میان پارامترهای مورد نظر است. همه مدل‌ها کارایی خوبی با مقادیر R^2 بیش از ۰/۹۹۵ داشته و دارای میانگین مجذور مربع خطای مطلوبی بودند. با توجه به امکان استفاده از این مدل‌ها در طراحی

۵- منابع

- [1] Sabir, F.K., Unal, S. and Sabir, A. 2022. Postharvest aloe vera gel coatings delay the physiological senescence of 'alphonse lavallée' and 'red Globe' grapes during cold storage as an alternative to SO_2 . *Erwerbs-obstbau*. 10.1007/s10341-022-00761-z
- [2] Guo, D.L., Liu, H.N., Wang, Z.G., Guo, L.L. and Zhang, G.H. 2022. Sodium dehydroacetate treatment prolongs the shelf-life of 'Kyoho' grape by regulating oxidative stress and DNA methylation. *Journal of Integrative Agriculture*. 21(5): 1525-1533.
- [3] OIV. 2021. International Organisation of Vine and Wine. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture. 8-10. <https://www.oiv.int/public/medias/6371/oiv-statistical->
- [4] Min, T., Sun, X., Zhou, L., Du, H., Zhu, Z. and Wen, Y. 2021. Electrospun pullulan/PVA nanofibers integrated with thymol-loaded porphyrin metal-organic framework for antibacterial food packaging. *Carbohydrate Polymers*. 270.118391. 10.1016/j.carbpol.2021.118391
- [5] Zhang, C., Li, Y., Wang, P. and Zhang, H. 2020. Electrospinning of nanofibers: Potentials and perspectives for active food packaging.

Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 19(2): 479-502.

- [6] Câmpăan, S.I., Beșcea, G.A., Tăbăcaru, M.B., Scutaru, L.M., Dragomir, G., Brezeanu, A.I., Șerban, A. and Năstase, G. 2023. Preservation of black grapes by isochoric freezing, *Heliyon*. 9(7): 2023,e17740, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17740>.

- [7] Unal, S., Sabir, F.K. and Sabir, A. 2022. Aloe vera treatments extend the postharvest life of table grapes by delaying weight loss, berry softening, rachis browning, and biochemical changes. *Erwerbs-obstbau*. 64(4): 767-775.

- [8] Zhou, Z., Ma, J., Li, K., Zhang, W., Li, K., Tu, X. and Zhang, H. 2021. A plant leaf-mimetic membrane with controllable gas permeation for efficient preservation of perishable products. *American Chemical Society Nano*. 15(5): 8742-8752.

- [9] Fernández-Catalán, A., Palou, L., Taberner, V., Grimal, A., Argente-Sanchis, M. and Pérez-Gago, M.B. 2021. Hydroxypropyl Methylcellulose-Based Edible Coatings Formulated with Antifungal Food Additives to

Reduce Alternaria Black Spot and Maintain Postharvest Quality of Cold-Stored 'Rojo Brillante' Persimmons. *Agronomy*. 11(4): 1-16.

[10] Loi, C.C., Eyres, G.T., Silcock, P. and Birch, E.J. 2020. Preparation and characterisation of a novel emulsifier system based on glycerol monooleate by spray-drying. *Journal of Food Engineering*. 285. 110100, 10.1016/j.jfoodeng.2020.110100

[11] De Souza, W.F.C., De Lucena, F.A., Da Silva, K.G., Martins, L.P., De Castro, R.G.S. and Sato, H.H. 2021. Influence of edible coatings composed of alginate, galactomannans, cashew gum, and gelatin on the shelf- life of grape cultivar 'Italia': Physicochemical and bioactive properties, *LWT*. 152. 112315, ISSN 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112315>.

[12] Huang, X., Hong, M., Wang, L., Meng, Q., Ke, Q. and Kou, X. 2023. Bioadhesive and antibacterial edible coating of EGCG-grafted pectin for improving the quality of grapes during storage, *Food Hydrocolloids*. 136. Part A. 108255. ISSN 0268-005X. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108255>.

[13] Branco Melo, N.F.C., de Mendonça Soares, B.L., Diniz, K.M., Leal, C.F., Canto, D., Flores, M.A.P., da Costa Tavares-Filho, J.H., Galembeck, A., Montenegro Stamford, T.L., Stamford-Arnaud, T.M. and Montenegro Stamford, T.C. 2018. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes, *Postharvest Biology and Technology*, Volume 139: 56-66,

[14] Chari, L., Martin, G., Steenhuisen, S., Adams, L. and Clark, V. 2020. Biology of Invasive Plants 1. *Pyracantha angustifolia* (Franch.) C.K. Schneid. *Invasive Plant Science and Management*. 13(3): 120-142.

[15] Wang, Y., Li, Y., Liu, J., Liu, L., Yang, Q. and Deng, Q. 2018. Analysis of nutritional components of the fruits of *Pyracantha angustifolia* and *Pyracantha fortuneana*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 199: 1-6.

[16] Chari, L.D., Martin, G.D., Steenhuisen, S.L., Adams, L.D. and Clark, V.R. 2020. Biology of invasive plants 1. *Pyracantha angustifolia* (Franch.) C.K. Schneid. *Invasive Plant Science and Management*. 13(3): 120-142.

[17] Song, S., Li, J., Liu, H., Qi, Y., Subbiah, V., Sharifi-Rad, J., Setzer, W.N. and Suleria, H.A.R. 2023. *Pyracantha* as a promising functional food: A comprehensive review on bioactive characteristics, pharmacological activity, and industrial applications. *Food Frontiers*. 00. 1-17. <https://doi.org/10.1002/fft2.300>.

[18] Sarikurkcu, C. and Tepe, B. 2015. Biological activity and phytochemistry of firethorn (*Pyracantha coccinea* M.J. Roemer). *Journal of Functional Foods*. 19: 669-675.

[19] Palou, L. 2018. Postharvest treatments with GRAS salts to control fresh fruit decay. *Horticulturae*, 4(46): 1-15.

[20] Martínez-Blay, V., Pérez-Gago, M.B., de la Fuente, B., Carbó, R. and Palou, L. 2020. Edible Coatings Formulated with Antifungal GRAS Salts to Control Citrus Anthracnose Caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and Preserve Postharvest Fruit Quality. *Coatings*. 10 (730): 1-19.

[21] Abdulkadir, B.A., Dennis, J.O., Abdullahi Adam, A., Mudassir Hassan, Y., Shamsuri, N.S. and Shukur, M.F. 2022. Preparation and characterization of solid biopolymer electrolytes based on polyvinyl alcohol/cellulose acetate blend doped with potassium carbonate (K₂CO₃) salt. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 919. 116539. ISSN 1572-6657.

[22] NOP. 1995. Potassium Carbonate TAP Review—Handling. P: 16.

[23] Mohamadi Alasti, F., Asefi, N., Maleki, R. and Seiedlou Heris, S.S. 2019. Investigating the flavor compounds in the 1225 cocoa powder production process. *Food Science & Nutrition*. 7(12): 3892–3901.

[24] Dash, K.K., Bhagya Raj, A.S.G.V.S., Pandey, V.K., Kovács, B. and Mukarram, S.A. 2023. Modelling of ultrasonic assisted osmotic dehydration of cape gooseberry using adaptive

- neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Ultrasonics Sonochemistry*. 96. 106425. ISSN 1350-4177.
- [25] Zandi, M., Ganjloo, A. and Bimakr, M. 2021. Applying Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System and Artificial Neural Network to the Prediction of Quality changes of Hawthorn Fruit (*Crataegus pinnatifida*) during Various Storage Conditions. *Journal of Agricultural Machinery*. 11(2): 343-357.
- [26] Hong, Z., Bo, J. and Hongfei, L. 2012. An adaptive neural-fuzzy inference system (ANFIS) for detection of bruises on Chinese bayberry (*Myrica rubra*) based on fractal dimension and RGB intensity color. *Journal of Food Engineering*. 104: 663–667.
- [27] Şahin, S., Aybastier, O. and Demir. C. 2016. Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Quercetin and Cyanidin from *Pyracantha Coccinea* and Their Scavenging Effect on Free Radicals. *Food biochemistry*. 40(4): 472-479.
- [28] Todorović, A., Šturm, L., Salević-Jelić, A.,, Lević, S., Osojnik Črnivec, I.G., Prislán, I., Skrt, M., Bjeković, A., Poklar Ulrih, N. and Nedović, V. 2022. Encapsulation of Bilberry Extract with Maltodextrin and Gum Arabic by Freeze-Drying: Formulation, Characterisation, and Storage Stability. *Processes*. 10(10):1991. <https://doi.org/10.3390/pr10101991>
- [29] davodi, D., Habibi, N., Daraei Garmakhany, A. and Rahimi, A.R. 2022. Response surface optimization of the changes in some physicochemical and quality attributes of black grape (*Rasheh cultior*) coated with maltodextrin containing chitosan and olive leaf extract during storage period. *Journal of food science and technology (Iran)*. 19 (131):1-16. (In Persian).
- [30] Khan, A.S., Zora, Z. and Abbasi, N.A. 2007. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in Angelino plum. *Postharvest Biology and Technology*. 46: 36-4
- [31] Youwei, Y. and Yinzhe, R. 2013. Grape Preservation Using Chitosan Combined with β -Cyclodextrin. *International Journal of Agronomy*. 2013 (1-9).
- [32] Crisosto, C.H., Smilanick, J.L. and Dokoozlian, N.K. 2001. Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays. *California Agriculture*. 55: 39-42.
- [33] Granato, D., Katayama, U. and de Castro, A. 2011. Phenolic composition of South American red wines classified according to their antioxidant activity, retail price and sensory quality. *Food Chemistry*. 129: 366–373.
- [34] Farzaneh, V., Bakhshabadi, H., Gharekhani, M., Ganje, M., Farzaneh, F. and Carvalho, I.S. 2017. Application of an adaptive neuro_fuzzy inference system (ANFIS) in the modeling of rapeseeds' oil extraction. *Food process engineering*. 125: 1-8.
- [35] Tolesa, G.N. and Workneh, T.S. 2017. Influence of storage environment, maturity stage and prestorage disinfection treatments on tomato fruit quality during winter in KwaZulu-Natal, South Africa *Journal of Food Science and Technology*. 54 3230–42
- [36] Aisyah, Y., Murlida, E. and Mauliza, T.A. 2022. Effect of the edible coating containing cinnamon oil nanoemulsion on storage life and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) fruits. 3rd International Conference on Agriculture and Bio-industry. 951. Doi:10.1088/1755-1315/951/1/012048.
- [37] Dehestani-Ardakani, M. and Mostofi, Y. 2019. Postharvest application of chitosan and Thymus essential oil increase quality of the table grape cv. 'Shahroudi. *Journal of horticulture and postharvest research*. 2: 31-42.
- [38] Akhlaghi Ameri, N., Arzani, K., Maalkouti, M.J. and Barzegar, M. 2008. Preharvest Investigating drop of Italian oranges (*Citrus sinensis* cv. Italian) and the possibility of reducing it in the north of the country. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 8(4): 271- 278. (In Persian).
- [39] Chen, R., Wu, P., Cao, D., Tian, H., Chen, C. and Zhu, B. 2019. Edible coatings inhibit the postharvest berry abscission of table grapes caused by sulfur dioxide during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 152: 1-8.

- [40] Yu, Y., Zhang, S., Ren, Y., Li, H., Zhang, X. and Di, J. 2012. Jujube preservation using chitosan film with nano-silicon dioxide. *Journal of Food Engineering*. 113 (3): 408-414.
- [41] Tian, S., Jiang, A., Xu, Y. and Wang, Y. S. 2004. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Food Chemistry*. 87: 43-49.
- [42] Bambalele, N.L., Mditshwa, A., Magwaza, L.S. and Tesfay, S.Z. 2021. The Effect of Gaseous Ozone and Moringa Leaf-Carboxymethyl Cellulose Edible Coating on Antioxidant Activity and Biochemical Properties of 'Keitt' Mango Fruit. *Coatings*. 11(11): 1-14.
- [43] Hamie, N., Zoffoli, J.P., Tarricone, L., Verrastro, V., Pérez-Donoso, A.G. and Gambacorta, G. 2022. Rachis browning and water loss description during postharvest storage of 'Krissy' and 'Thompson Seedless' table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 184: 111758. ISSN 0925-5214.
- [44] Feng, Z., Wu, G., Liu, C., Li, D., Jiang, B. and Zhang, X. 2018. Edible coating based on whey protein isolate nanofibrils for antioxidation and inhibition of product browning. *Food Hydrocolloids*. 79: 179-188.
- [45] Hesami, A., Kavoosi, S., Khademi, R. and Sarikhani, S. 2021. Effect of chitosan coating and storage temperature on shelf-life and fruit quality of *ziziphus mauritiana*. *International Journal of Fruit Science*. 21: 509-518.
- [46] Perdones, A., Sanchez-Gonzalez, L., Chiralt, A. and Vargas, M. 2012. Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*. 70: 32-41.
- [47] Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. and Gonzalez-Martinez, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*. 41: 164-171.
- [48] Zandi, M., Ganjloo, A., Bimakr, M., Nikoomanesh, N. and Moradi, N. 2021. Application of fuzzy logic and neural-fuzzy inference system (ANFIS) for prediction of physicochemical changes and quality classification of coated sweet lemon during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 17(2): 339-351. (In Persian).
- [49] Mokarram, M., Amin, H. and Khosravi, M.R. 2019. Using adaptive neuro-fuzzy inference system and multiple linear regression to estimate orange taste. *Food Science and Nutrition*. 7(10):3176-3184.
- [50] Niu, H., Liu, Y., Wang, Z., Zhang, H., Zhang, Y. and Lan, H. 2020. Effects of harvest maturity and storage time on storage quality of Korla Fragrant pear based on GRNN and ANFIS Models: Part I firmness study. *Food Science and Technology research*. 26(3): 363- 372.



Scientific Research

Using fuzzy-neural inference system (ANFIS) in modeling storage conditions of grape fruits coated with maltodextrin containing potassium nanocarbonate and Pyracantha extract

ABSTRACT

In this research, due to the lack of a study on the modeling of the storage conditions of grape fruits coated with maltodextrin containing potassium nanocarbonate and pyracantha extract using the fuzzy-neural inference system (ANFIS), different storage times (zero to 60 days), concentration Potassium nanocarbonate (zero to 2%) and concentration of pyracantha extract (zero to 1.5%) used in edible coating as input and the amount of Brix, the percentage of dropping berry, the amount of malondialdehyde, the browning of the grapes cluster, aroma and taste of samples were considered as output. Three Gaussian, triangular and trapezoidal membership functions with 2-2-2 and 3-3-3 membership functions were investigated. The results showed that trapezoidal function with 3-3 membership function and Gaussian function with 3-3 membership function were selected as the best model for Brix output variable and percentage of dropping berry, respectively. finally, triangular model with 3-3 membership function was selected for cluster browning and malondialdehyde variables. On the other hand, the results indicated that with the increase in storage time, the amount of Brix, the percentage of dropping berry, malondialdehyde and cluster browning increased in all samples, but the amount of aroma and tast of the samples decreased. the use of coating containing potassium nanocarbonate and pyracantha extract caused the speed of these changes to decrease. In the end, it can be said that the high correlation coefficients between the laboratory results and the model outputs indicate the acceptable accuracy and usability of these models in controlling the storage conditions of grape fruits coated with maltodextrin containing potassium nanocarbonate and pyracantha extract.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/8/3

Accepted: 2023/9/13

Keywords:

grapes,

storage time,

modeling,

potassium nanocarbonate and
Pyracantha extract

DOI: 10.22034/FSCT.20.144.227

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.144.15.9

*Corresponding Author E-Mail:

R.Karimi@malayeru.ac.ir