مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

ایجاد یک سیستم‌کارشناس برای تعیین ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری میوه انگور نگهداری شده در سردخانه با استفاده از منطق فازی

مریم ابراهیمی [۱]، روح الله کریمی [۲*]، امیر دارائی گرمه خانی [۳]، نرجس آقاجانی [۴]، علیرضا شایگان فر [۵]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و مهندسی صنایع غذایی، گروه تبدیل و نگهداری انگور، 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

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۷

کلمات کلیدی:

انگور،

زمان نگهداری،

خصوصیات کیفی،

منطق فازی

DOI: **10.22034/FSCT.21.147.70.**

مسئول مکاتبات: *

R.Karimi@malayeru.ac.ir

چکیده

افزایش تولید و مصرف میوه انگور در جهان، نیاز به تحقیقات در زمینه ایجاد شرایطی برای حفظ بیشتر این میوه را افزایش داده است و کمبود سنسورهایی که بتوانند اطلاعات دقیق را از فرایند تولید و نگهداری برای تصمیم‌گیری در اختیار سیستم‌های کنترل قرار دهند، بدیهی و مشهود می‌باشد. لذا این مطالعه با هدف تعیین برخی از ویژگی‌های میوه انگور (شاخص طعم، pH، سفتی، نشت یونی، ΔE، تعداد کپک و پذیرش کلی) نگهداری شده در سردخانه در دامنه زمان نگهداری صفر تا ۶۰ روز اندازه‌گیری شد و با توجه به اهمیت دست‌یابی به این ویژگی‌ها در طول انبارمانی میوه‌ها، مدلی با استفاده از منطق فازی ایجاد گردید که به‌عنوان یک سیستم کارشناس با دقت (با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۶) و سرعت بسیار بالا قادر به پیشگویی و تعیین این ویژگی‌های محصول تنها با استفاده از زمان نگهداری آن بود. این سیستم قادر بود، مقادیر هر یک از ویژگی‌های مورد مطالعه را در هر زمان نگهداری دلخواه در محدوده‌ی صفر تا ۶۰ روز با دقت بسیار بالا و در کسری از ثانیه به‌دست آورد. از طرفی مشخص گردید که با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص طعم، pH، تعداد کپک‌ها، ΔE و نشت یونی نمونه‌ها افزایش ولی میزان سفتی و پذیرش کلی کاهش یافت.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

۱-مقدمه

اهمیت مصرف میوه‌ها و سبزیجات به‌علت کاهش سرطان و کاهش میزان مرگ و میر و بیماری‌های قلبی است. همچنین مصرف این قبیل مواد باعث کاهش فشار خون و افزایش مقاومت در برابر امراض می‌شود. وجود سردخانه‌ها، صنایع تبدیلی و بازارهای مصرف بخش عظیمی از این محصولات را جذب می‌نماید ولی به‌دلیل عدم ظرفیت کافی این‌گونه صنایع و مراکز مصرف و نگهداری و تولید بیش از ظرفیت ماده اولیه، آمار ضایعات در این مرحله افزایش می‌یابد [۱]. یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های شناخته شده توسط بشر انگور با نام علمی *Vitis vinifera L.* می‌باشد و پرورش این میوه از ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ سال پیش آغاز شد ولی همچنان دارای محبوبیت فراوانی در بین مصرف‌کنندگان می‌باشد به گونه‌ای که میزان تولید آن در رتبه چهارم محصولات باغی جهان قرار دارد. به گفته سازمان خواربار و کشاورزی (FAO) حدود ۲۳ درصد از انگور جهان به صورت تازه خورده می‌شود. انگور تازه دارای مواد مغذی مهمی برای بدن است که سیستم ایمنی بدن را تقویت و از سرطان جلوگیری می‌کند و فشار خون، کلسترول بد و روند پیری را کاهش می‌دهد. این میوه همچنین دارای ویتامین‌های مختلفی مانند ویتامین‌های گروه B، C و K و مواد معدنی (پتاسیم، کلسیم و منیزیم)، آنتی اکسیدان‌ها، مواد مغذی گیاهی از جمله رسوراترول، فنول‌ها، کاروتنوئیدها و فیبرها می‌باشد و بدون تردید، مصرف انگور به صورت تازه خوری سالم‌ترین حالت مصرف این میوه می‌باشد [۲، ۳ و ٤]. انگور یک میوه نافرازگرا با فعالیت فیزیولوژیکی کم بوده و در طول دوره‌ی پس از برداشت به افت وزن[1] و آلودگی‌های قارچی به ویژه کپک خاکستری *Botrytis cinerea* بسیار حساس است. یکی از عوامل مهم در زنجیره نگهداری مواد غذایی از زمان تولید تا هنگام مصرف، استفاده از سرما برای نگهداری فراورده‌های باغی می‌باشد. عمر نگهداری میوه‌ها به شدت تحت تأثیر شرایط تولید در مزارع و یا باغات و برداشت آن‌ها و نیز درجه حرارت و رطوبت انبار می‌باشد [۵ و ٦]. افزایش تولید و مصرف میوه انگور در جهان، نیاز به تحقیقات در زمینه ایجاد شرایطی برای حفظ بیشتر این میوه را افزایش داده است. تا به امروز ذخیره‌سازی در دمای پایین پرکاربردترین فناوری پس از برداشت برای حفظ کیفیت میوه و سایر محصولات باغی و افزایش عمر مفید آن‌ها می‌باشد [۷ و ۸]. با این حال، طول مدت نگهداری انگور در دمای پایین محدود است و ارزش تجاری این میوه بدون تیمارهای مناسب کاهش می‌یابد [۹ و ۱۰]. در صنعت غذا کمبود سنسورهایی که بتوانند اطلاعات دقیق را از فرایند تولید برای تصمیم‌گیری در اختیار سیستم‌های کنترل قرار دهند بدیهی و مشهود می‌باشد. از آنجایی که این کنترل‌ها از نکات کلیدی و غیرقابل انکار در این صنعت می‌باشند، بنابراین ضروری است که به دنبال ایجاد روشی‌هایی برای غلبه بر این کمبود و نقص در سیستم‌های کنترل و نظارت بر فرایندها باشیم. این سیستم‌های کنترلی باید قادر باشند ویژگی‌های مورد نظر را در حین تولید محصول اندازه‌گیری کرده و این اطلاعات را جمع‌آوری کرده و به اتاق کنترل انتقال دهند [۱۱]. نصیری و همکاران (۲۰۲۲) از یک کنترل کننده فازی به همراه استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی شرایط نگهداری و همچنین طبقه‌بندی گوجه‌فرنگی استفاده نمودند که نتایج نشان دهنده دقت بالای ۹۰ درصدی این مدل‌ها در پیش‌بینی کیفیت این محصول داشت [۱۲]. زندی و همکاران (۲۰۲۱) از منطق فازی و سیستم استنتاج تطبیقی عصبی- فازی جهت پیش‌بینی تغییرات فیزیکی و شیمیایی و طبقه‌بندی کیفی لیموشیرین پوشش‌دار شده طی مدت نگه‌داری استفاده نمودند [۱۳]. مگال هائز و همکاران (۲۰۲۲) از منطق فازی برای پیش بینی دوره فروش میوه هلو با بالاترین کیفیت بهره بردند که این مطالعه مشخص نمود که مدل‌سازی با استفاده از منطق فازی را می‌توان برای تمامی میوه‌ها به کار برد تا اتلاف و ضایعات مواد غذایی کاهش یابد

1-Weight loss

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

و در نتیجه منجر به بهبود جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی جامعه می‌گردد [۱٤]. هدف از این پژوهش ارائه مدلی قدرتمند و کاربردی جهت پیش‌بینی برخی از خصوصیات میوه انگور نگهداری شده در سردخانه با دقت بسیار بالا و در زمانی بسیار کوتاه می‌باشد که می‌تواند جهت کنترل و مدیریت مراحل مختلف برداشت، حمل و نقل، درجه‌بندی، نگهداری و ذخیره‌سازی و همچنین فراوری این محصول به‌کار گرفته شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی انگور و شرایط نگهداری آن در سردخانه

انگور رقم ریش بابا از شهرستان ملایر استان همدان خریداری و بلافاصله خوشه‌های انگور به آزمایشگاه پژوهشکده انگور و کشمش دانشگاه ملایر منتقل و بر اساس یکنواختی در بلوغ، اندازه، رنگ و عدم عفونت قارچی یا علائم آسیب فیزیکی درجه‌بندی شد و سپس این میوه‌ها به سردخانه با دمای ۱- درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل گردیدند و برای ٦۰ روز در این شرایط نگهداری شدند و در فواصل زمانی مشخص (هر ۱۰ روز یک بار) از سردخانه خارج شده و سپس مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-۲- آزمایشات مورد بررسی

۲-۲-۱-شاخص طعم(رسیدگی)[۲]

اندیس طعم میوه‌های انگور طبق روش فرزانه و همکاران (۲۰۱۸) و از طریق نسبت مواد جامد کل محلول به اسیدیته‌ی قابل تیتر، تعیین گردید [۱].

۲-۲-۲- تعیین pH

میزان pH نمونه‌ها با اندازه‌گیری pH عصاره استخراجی با استفاده از pH متر (آتاگو، انگلیس) و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید [۱].

۲-۲-۳- تعیین میزان نشت یونی[۳]

برای اندازه‌گیری نشت یونی از روش سجادیانو همکاران (۲۰۱۹) با کمی تغییرات استفاده گردید، در این روش ۰/۱ گرم از نمونه را با ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر مخلوط و در حمام آب گرم (Topsonics، لیتوانی) در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد و برای ۳۰ دقیقه قرار داده شد و میزان هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) آن توسط دستگاه ECمتر(، DEC-2 ATAGO، انگلستان) تعیین گردید. مجدد نمونه‌ها در حمام آب گرم (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای ۱۵ دقیقه) قرار داده شدند و هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) آن‌ها اندازه‌گیری گردید و از رابطه ۱، میزان نشت یونی نمونه‌ها تعیین گردید[۱۵].

$$\%\text{Ionicleakage} = \frac{EC_1 - EC_2}{EC_1} \times 100 \qquad (۱)$$

۲-۲-٤- اندازه‌گیری سفتی بافت میوه

برای تعیین سفتی بافت نمونه‌های انگور از دستگاه سختی‌سنج میوه‌جات (مدل چینی) با پراپ مخصوص استوانه‌ای شکل استفاده شد و حداکثر نیروی نفوذ برای ایجاد عمق ۱۰ میلی‌متری بر حسب نیوتن محاسبه گردید [۱٦].

۲-۲-۵- بررسی تغییرات رنگ نمونه‌ها(ΔE)

برای اندازه‌گیری رنگ میوه از دوربین دیجیتال Canon مدل Power shot SX110 IS با وضوح ۹ مگاپیکسل از نمونه‌های میوه تحت نور یکنواخت و مناسب و در زاویه تابش ٤۵ درجه، عکس رنگی گرفته شد. سپس تصاویر به رایانه انتقال یافته و با استفاده از نرم افزار Photoshop 6میزان شاخص‌های L^*، a^* و b^*به دست آمد و از رابطه ۲، میزان ΔE محاسبه گردید [۱۷].

2 - Maturity index

3- Ionic leakage

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2} \quad (۲)$$

۲-۲-۶- شمارش تعداد کپک در نمونه‌ها

ابتدا ۱۰ گرم از هر نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل مخلوط و همگن شد و پس از تهیه رقت‌های مختلف، ۱ میلی‌لیتر از هر رقت تهیه شده را به ظروف پتری دیش حاوی محیط کشت PDA منتقل و به روش سطحی کشت داده شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز انکوبه شد. نمونه‌ها در سه تکرار تهیه شد و تنها تعداد ۳۰۰-۳۰ واحد تشکیل دهنده کلنی(cfu/g)در نظر گرفته شد [۱۸].

۲-۲-۷- پذیرش کلی نمونه‌ها

به منظور بررسی پذیرش کلی نمونه‌های انگور پس از اتمام زمان انبارداری از آزمون چشایی و روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. ابتدا توضیحاتی در مورد رنگ، درخشندگی، بافت، طعم و مزه، ظاهر و وجود یا عدم وجود کپک‌زدگی و پوسیدگی محصول داده شد و نمره‌دهی بر اساس خیلی خوب (نمره ۵) تا خیلی بد (نمره ۱)انجام شد. تعداد ارزیاب‌ها ۱۰ نفر در ۳ تکرار در نظر گرفته شد [۱۹].

۲-۳-مدل سازی با استفاده از منطق فازی

برای شبیه‌سازی، درون‌یابی و افزایش داده‌های حاصل از زمان نگهداری میوه انگور در سردخانه از ابزار منطق فازی در نرم افزار متلب استفاده شد. با استفاده از روش مدل‌سازی ممدانی برای ورودی و خروجی‌های تحت قاعده اگر-آنگاه فازی، نسبت‌های زمان نگهداری در فواصل زمانی معین بر اساس انتخاب زمان در ۷ سطح با اصطلاح خیلی خیلی کم برای زمان صفر(VVL)، خیلی کم برای زمان ۱۰ روز (VL)، کم برای زمان ۲۰ روز (L)، زمان متوسط برای ۳۰ روز(M)، زیاد برای زمان ۴۰ روز (H)، خیلی زیاد برای ۵۰ روز (VH) و خیلی خیلی زیاد برای ۶۰ روز (VVH) در ابزار منطق فازی نرم افزار متلب شبیه‌سازی شدند. هفت متغیر خروجی شامل شاخص طعم، pH، سفتی بافت، ΔE، تعداد کپک، نشت یونی و پذیرش کلی نیز به همین ترتیب در ۷ سطح تعیین و تعریف گردیدند. از توابع عضویت مثلثی برای تنظیم تغییرات متغیرهای ورودی بهره گرفته شد. یک تابع عضویت مثلثی با سه پارامتر {a,b,c} به‌صورت رابطه ۳، تعریف می‌شود. شکل (۱) مدل ممدانی طراحی شده برای این مطالعه را نشان می‌دهد [۱۱].

$$triangle(x;a,b.c) = \begin{cases} 0 & x \le a \\ \frac{x-a}{b-a} a \le x \le b \\ \frac{c-x}{c-b} b \le x \le c \\ 0 & c \le x \end{cases} \quad (۳)$$

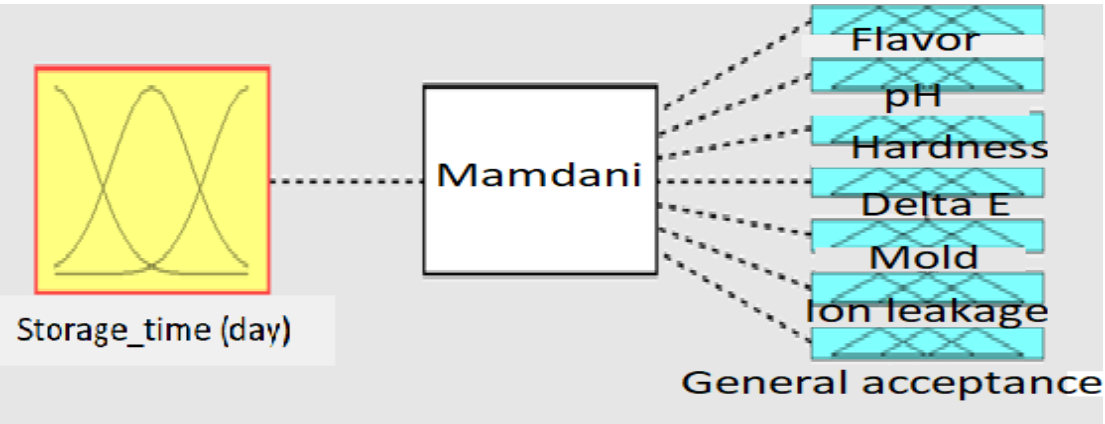


Figure1- The suggested topology of the designed fuzzy logic system in this investigation

با استفاده از این دسته‌بندی زمانی ۷ قانون اگر-آنگاه فازی تعریف شد که در روابط ٤ تا ۱۰ آورده شده است. با توجه به این که از تابع عضویت مثلثی برای مدل‌سازی و تنظیم این سامانه استفاده شده است، نیاز به تعیین سه پارامتر a، b و c

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

برای متغیرهای ورودی و خروجی می‌باشد (طبق رابطه ۳). تعیین این مقادیر یکی از مهم‌ترین مراحل در رسیدن به سامانه‌ای بهینه برای دست‌یابی به کم‌ترین خطا و بیشترین همبستگی می‌باشد. مقادیر پارامترهای استفاده شده برای توابع عضویت متغیر ورودی در جدول ۱، آورده شده است. همچنین نمودارهای توابع عضویت آن نیز در شکل ۲، ارائه شده است.

4. If (Storage_time(day) is VVL) then (Flavor index is VVL)(pH is VVL)(Hardness is VVH)(E is VVL)(Mold is VVL)(Ion_leakage is VVL)(General_acceptance is VVH)
5. If (Storage_time(day) is VL) then (Flavor index is VL)(pH is VL)(Hardness is VH)(E is VL)(Mold is VL)(Ion_leakage is VL)(General_acceptance is VH)
6. If (Storage_time(day) is L) then (Flavor index is L)(pH is L)(Hardness is H)(E is H)(Mold is L)(Ion_leakage is L)(General_acceptance is H)
7. If (Storage_time(day) is M) then (Flavor index is M)(pH is M)(Hardness is M)(E is M)(Mold is M)(Ion_leakage is M)(General_acceptance is M)
8. If (Storage_time(day) is H) then (Flavor index is H)(pH is H)(Hardness is L)(E is H)(Mold is H)(Ion_leakage is H)(General_acceptance is L)
9. If (Storage_time(day) is VH) then (Flavor index is VH)(pH is VH)(Hardness is VL)(E is VH)(Mold is VH)(Ion_leakage is VH)(General_acceptance is VL)
10. If (Storage_time(day) is VVH) then (Flavor index is VVH)(pH is VVH)(Hardness is VVH)(E is VVH)(Mold is VVH)(Ion_leakage is VVH)(General_acceptance is VVL)

Table1- Triangular membership function parameters for storage time

The title of membership functions	Parameters of membership functions		
	a	b	c
The first membership function	0	0	5
Second membership function	5	10	15
Third membership function	15	20	25
Fourth membership function	25	30	35
Fifth membership function	35	40	45
Sixth membership function	45	50	55
Seventh membership function	55	60	65

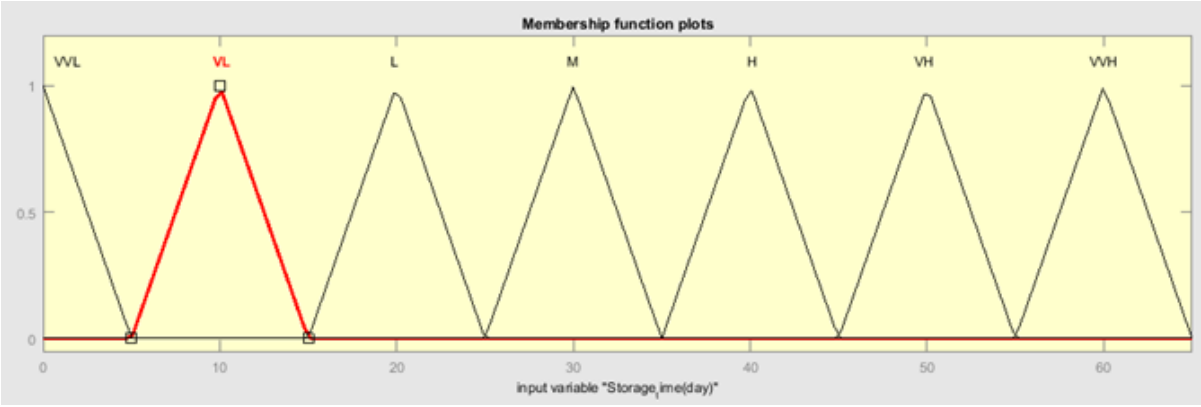


Figure 2- Membership functions of the input variable

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر زمان نگهداری بر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص طعم نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۳a). علت این افزایش را می‌توان به کاهش اسیدیته و افزایش بریکس میوه‌ها در طول نگهداری نسبت داد. خلیل و همکاران (۲۰۲۳) نیز بیان داشتند که با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص رسیدگی (شاخص طعم) نمونه‌ها افزایش می‌یابد[۲۰].در پژوهش دیگری در سال ۲۰۱۶ نشان داده شد که با افزایش زمان نگهداری، میزان این شاخص کاهش می‌یابد که علت این پدیده افزایش اسیدیته و ثابت بودن بریکس در طول نگهداری انگور در طول انبارمانی بیان شد که با نتایج این بخش در تضاد بود[۲۱]. حسین پور و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی تأثیر تیمار آب گرم و بسته‌بندی نانو بر خواص کیفی میوه شلیل رقم سانگلو در طول انبارمانی بیان داشتند که با افزایش زمان نگهداری شاخص طعم میوه‌ها به‌علت افزایش قند و کاهش اسیدیته قابل تیتر افزایش می‌یابد که هم‌راستا با نتایج این بخش بود[۲۲].

شکل ۳b نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، میزان pH نمونه‌ها افزایش یافت که علت این روند را می‌توان به کاهش اسیدهای آلی و افزایش قندهای میوه در نتیجه تنفس نسبت داد. گارسیا و همکاران (۲۰۱۱) نیز هم‌راستا با این نتایج بیان داشتند که با افزایش زمان نگهداری، میزان pH نمونه‌ها افزایش می‌یابد [۲۳].در مطالعه دیگری محققان علت افزایش pH در طول انبارمانی میوه انگور را به فعل و انفعالاتی که منجر به پیری میوه می‌شود و همچنین تبدیل اسیدها به مواد دیگری مانند قندها نسبت دادند [۱]. انگو و همکاران (۲۰۲۱) نیز هم‌راستا با این نتایج مشخص نمودند که با افزایش زمان نگهداری میزان pH نمونه‌ها افزایش یافت[۲۴].

نشت یونی به عنوان شاخص‌های آسیب غشایی برای اندازه‌گیری غیر مستقیم انسجام غشای سلولی مورد توجه قرار گرفته و می‌تواند کاهش انسجام غشای سلولی و وقوع آسیب سرمازدگی را در محصولات باغبانی نشان دهد [۲۵]. یافته‌ها حاکی از آن بود که با افزایش زمان نگهداری نشت یونی نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۳c). برخی از محققین بیان داشتند که فعالیت بیشتر آنزیم‌ها در طول انبارمانی و تخریب بافت از علل افزایش نشت یونی میوه‌جات در طول نگهداری می‌باشد [۲۶]. اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۹) هم‌راستا با یافته‌های این بخش با ارزیابی اثر زمان برداشت و مدت نگهداری میوه در سردخانه بر روی برخی خصوصیات کیفی میوه زغال اخته نشان دادند که با افزایش زمان نگهداری شاخص نشت یونی افزایش می‌یابد [۲۷].

در بررسی تغییر سفتی بافت انگور طی دوره انبارمانی می‌توان بیان داشت که سفتی بافت نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری کاهش پیدا کرد (شکل ۳d). پدیده نرم‌شدگی در میوه‌ها طی انبارداری با تجزیه اجزای اصلی سازنده دیواره سلولی و تیغه میان سلولی میوه در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی نظیر پلی گالاکتوروناز، پکتیناز و همی سلولاز شروع می‌شود. این پدیده در انگور با بیشترین کاهش در همی سلولز و سلولز و تا حدی پکتین همراه است. فساد ناشی از میکروارگانیسم‌ها و به‌خصوص کپک‌ها در میوه‌ها از جمله انگور نیز ارتباط مستقیمی با افزایش پدیده نرم‌شدگی میوه دارد که با تولید آنزیم‌های شکننده پکتین همراه است [۲۸ و ۲۹].

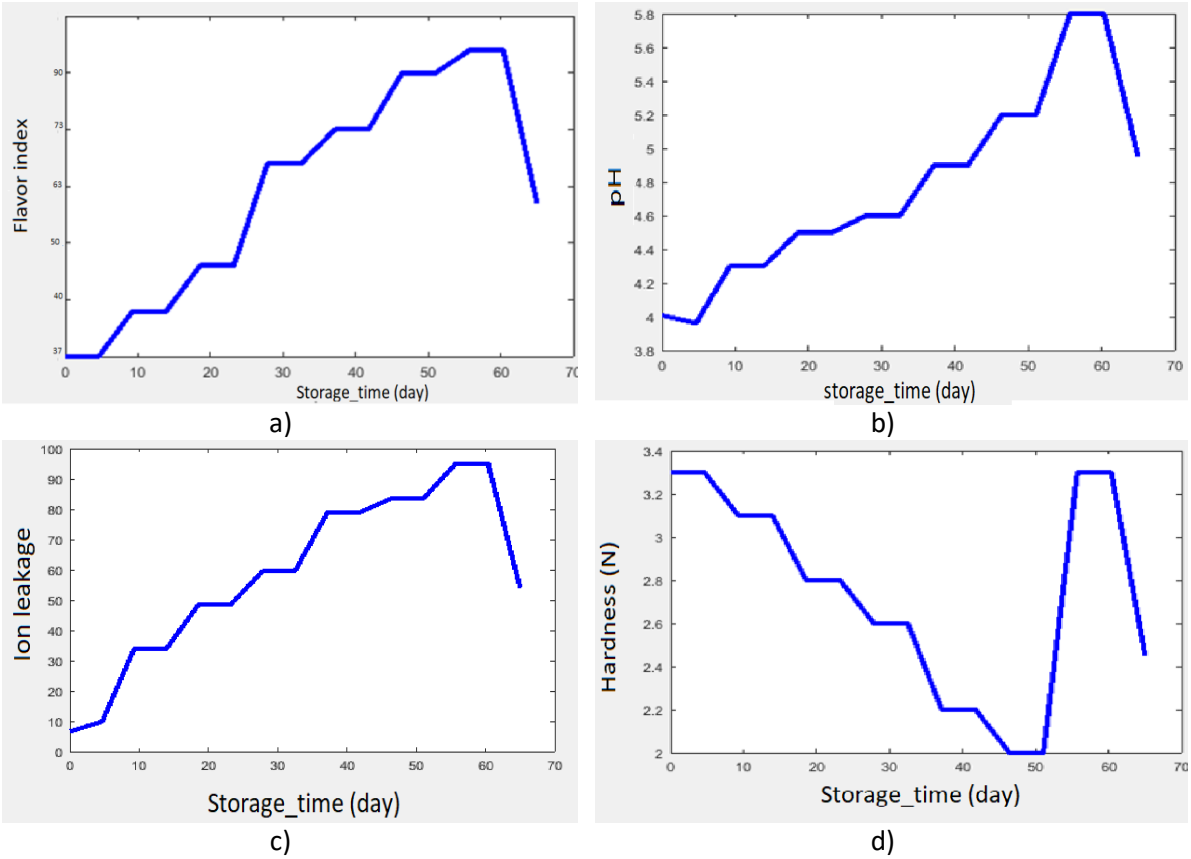
رنگ پوسته انگور یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های انگور برای حفظ بازارپسندی و تمایل مصرف کنندگان به این محصول به حساب می‌آید، رنگ انگور معمولاً از آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها نشات می‌گیرد که این ترکیبات به تغییرات دما و سایر عوامل محیطی حساس می‌باشد [۳۰]. در بررسی تغییرات رنگ، افزایش زمان سردخانه‌گذاری سبب افزایش تغییرات رنگ گردید (شکل ۳e). صادقی پور و همکاران (۲۰۱۲) نیز با بررسی اثر پوشش‌های خوراکی فعال بر پایه متیل سلولز بر ماندگاری گوجه‌فرنگی بیان داشتند که تغییرات رنگ با گذشت زمان افزایش می‌یابد که هم‌راستا با نتایج این بخش بود [۳۱]. علت افزایش تغییرات رنگ با گذشت زمان را می‌توان به آشکارشدن رنگ‌دانه‌های پنهان و نرم شدن بافت با تجزیه تدریجی مواد پکتینی و کاهش اسیدیته قابل تیتر نمونه‌ها نسبت داد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری تعداد کپک در نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۳f). ضیاالحق (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر زمان نگهداری بر انگور سرخ فخری شاهرود، نشان داد که با افزایش زمان نگهداری تعداد کپک‌ها در میوه‌ها افزایش می‌یابد که هم‌راستا با نتایج این بخش بود. این محققین افزایش رطوبت و pH را از علل افزایش تعداد کپک در نمونه‌ها دانستند [۳۲]. عشقی و همکاران (۲۰۲۲)، نیز با بررسی تأثیر استفاده از پلی‌ساکاریدهای مختلف بر عمر ماندگاری میوه انگور بیان داشتند که تعداد کپک و مخمر نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری به علت افزایش قندهای ساده و کاهش اسیدیته افزایش یافت [۳۳].

با افزایش زمان نگهداری امتیازات اخذ شده برای پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش یافت (شکل ۳g). آقابابایی و همکاران (۲۰۱۶) با بهینه سازی فرمولاسیون پوشش خوراکی متیل سلولز و عصاره آویشن شیرازی بر کیفیت و عمر انباری انگور بیان داشتند که با افزایش زمان نگهداری میزان امتیازات داده شده برای پذیرش کلی نمونه‌ها از دید ارزیاب‌ها به علت چروکیدگی این محصولات کاهش یافت از دیگر عوامل کاهش امتیازات حسی اخذ شده برای پذیرش کلی می‌توان به کپک‌زدگی بیشتر، افت وزن، تغییرات رنگ و غیره اشاره نمود [۳٤]. محققین دیگری علت امتیاز کمتر برای پذیرش کلی با افزایش زمان را کاهش سفتی بافت، تغییرات رنگ میوه‌ها و همچنین فعالیت بیشتر آنزیم‌ها دانستند [۳۵].



[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

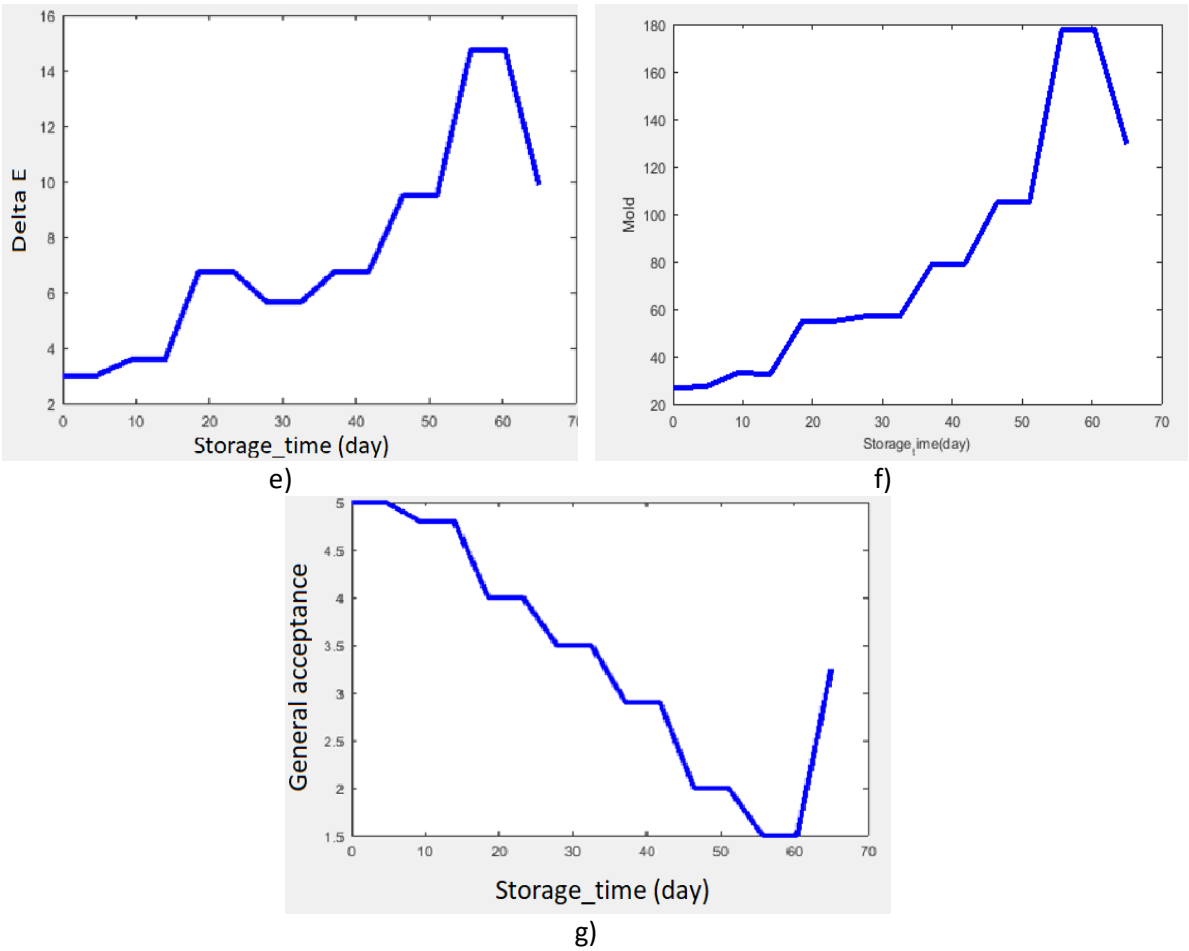


Figure 3- Effect of storage time on a) taste index, b) pH, c) ion leakage, d) hardness, e) ΔE, f)mold number and g) general acceptance

۳-۲- ارزیابی میزان دقت مدل فازی

شکل ٤، خروجی سیستم فازی برای زمان ۲۵ روز نگهداری میوه‌ها در انبار را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود هر سطر از نمودارها مربوط به یک قاعده و هر ستون از آن‌ها مربوط به یک متغیر می‌باشد. نمودار ششم ستون‌های دوم تا پنجم، مربوط به تجمیع تصمیم‌های وزن‌دار شده‌ی خروجی‌های سیستم می‌باشد. در این سامانه‌ی جامع خروجی با وارد کردن مقادیر زمان نگهداری می‌توان بلافاصله تمام مقادیر خروجی را به‌دست آورد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

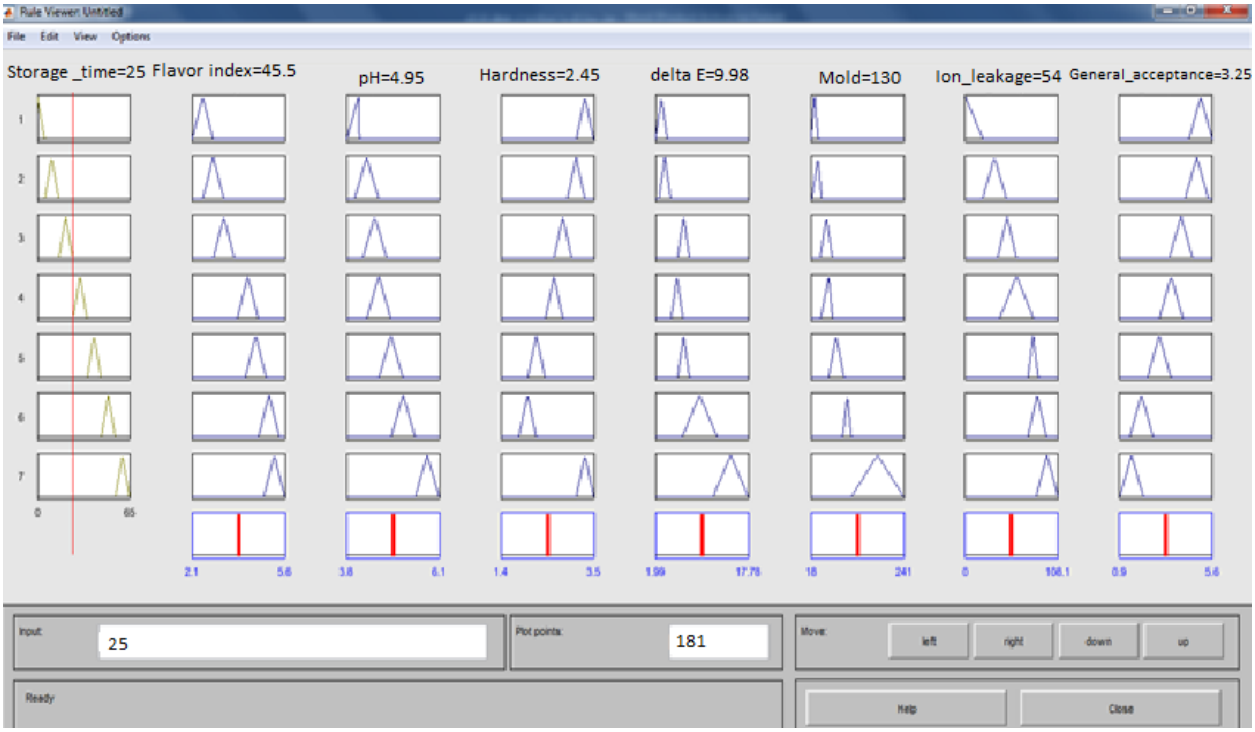
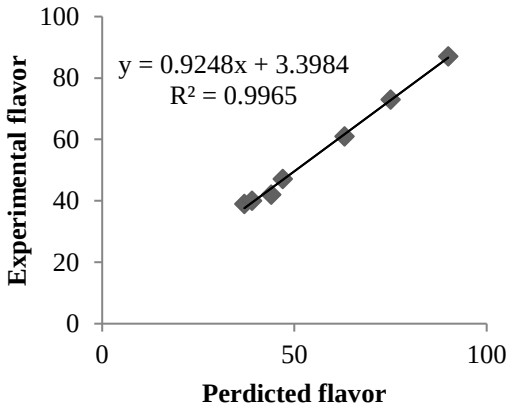
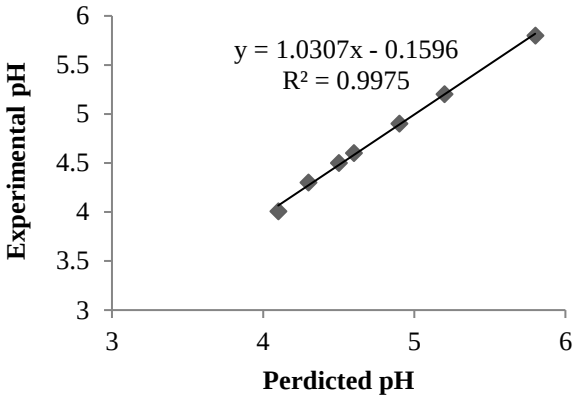


Figure 4- The output of the proposed fuzzy logic system

همچنین شکل ۵ که میزان بالای ضرایب همبستگی (بیش از ۰/۹۶) مقادیر پیش بینی شده توسط سامانه منطق فازی در مقابل داده‌های آزمایشگاهی را برای متغیرهای خروجی هفت‌گانه نشان می‌دهد را می‌توان دلیلی بر دقت بالای این سیستم دانست. از طرفی مشخص گردید که مدل‌های طراحی شده بیشترین دقت را برای پیش بینی داده‌های حاصل از پذیرش کلی (با ضریب همبستگی= ۱) داشتند.



a)



b)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

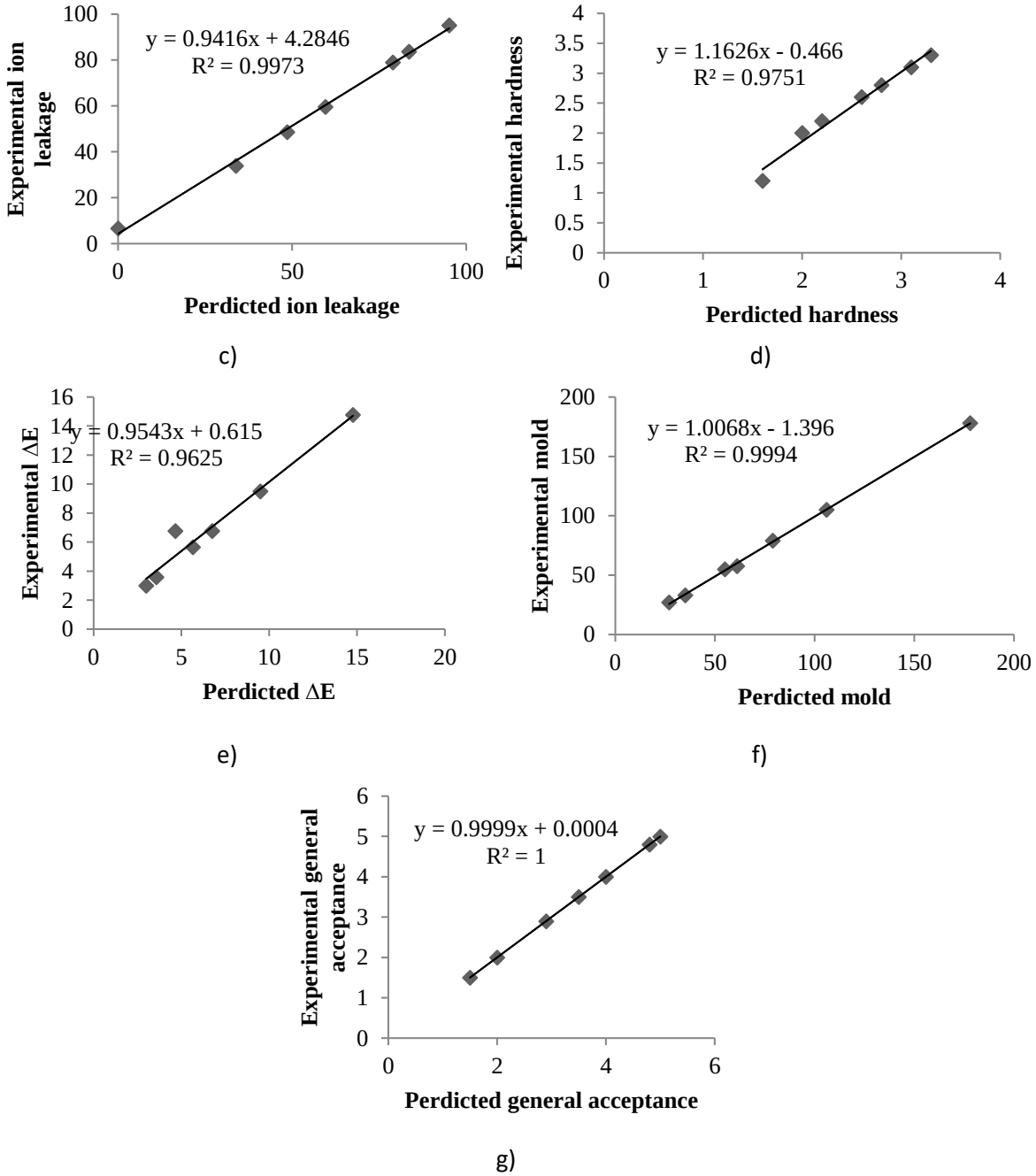


Figure 5- The comparison of laboratory data and amounts predicted by fuzzy logic model for a) taste index, b) pH, c) ion leakage, d) hardness, e) ΔE, f)mold number and g) general acceptance

اهداف اصلی در کنترل فرایندهای صنعت غذا را می‌توان دست‌یابی به حفظ ایمنی و سلامت غذا، حداقل فرایند، بالاترین کیفیت و حداقل هزینه‌ها دانست. برای دست‌یابی به این اهداف، تجهیزات مناسب، پی بردن به موقع به خطاهای موجود در فرایند و توانایی کنترل برخط فرایند ضروری است. غیرهمگنی و متغیر بودن مواد اولیه و میزان بالای کاهش و افزایش تولید، ابزارهای مناسب برای کنترل فرایندهای صنعت غذا را محدود ساخته است. به‌علاوه بسیاری از فرایندها در صنعت غذا به صورت غیرخطی و اغلب با دینامیک‌های زمانی متنوع می‌باشند که باعث ایجاد پیچیدگی‌هایی در این صنعت شده است که حتی در سیستم‌های کامپیوتری مدرن نیز مشکلاتی برای اتومات کردن این فرایندها وجود دارد [۱۱]. زندی و همکاران (۲۰۲۱) کاربرد منطق فازی و سیستم استنتاج تطبیقی عصبی- فازی جهت پیش‌بینی تغییرات فیزیکی و شیمیایی و طبقه‌بندی کیفی لیموشیرین پوشش‌دار طی مدت نگهداری را

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

مورد بررسی قرار دادند و آن‌ها در این پژوهش با بهره‌گیری از منطق فازی و با کمک روش حداکثری- حداقلی ممدانی و یکی از توابع عضویت مثلثی، گوسی و ذوزنقه‌ای برای طبقه‌بندی کیفی لیموشیرین پوشش‌دهی‌شده با بهره‌گیری از دو الگوریتم، یکی با پنج ورودی (سفتی بافت، مواد جامد محلول، درصد رنگ سبز، حجم و رنگ پوست) و دیگری با سه ورودی حاصل از تصویر (درصد رنگ سبز، حجم و رنگ پوست) استفاده نمودند، در نهایت این محققین بیان داشتند که این مدل‌ها با توجه به استفاده از خصیصه‌های استخراجی از تصاویر، به‌عنوان روش غیرمخرب در سردخانه‌ها قابل استفاده است [۱۳].

٤- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت توانایی کنترل فرایند انبارمانی محصولات کشاورزی و همچنین با عنایت به پیچیدگی و غیرقابل پیش‌بینی بودن رفتار محصولات کشاورزی که این فرایند کنترل را با مشکلاتی همراه کرده است، بهره‌گیری از روش‌های جدیدی مانند منطق فازی در این زمینه می‌تواند بسیار کارآمد و مفید باشد. در این پژوهش از منطق فازی به‌منظور پیش‌بینی ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری میوه انگور در طول انبارمانی استفاده شد که با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان این تکنیک را برای طراحی و ایجاد سیستم کنترلی کاربردی در جهت کنترل و مدیریت مراحل مختلف برداشت، حمل و نقل، درجه‌بندی، نگهداری، ذخیره‌سازی و همچنین فراوری این محصول و همچنین محصولات مشابه پیشنهاد نمود.

٥- منابع

[1] Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Dolatabadi, Z., Farzaneh, F., Carvalho I.S. and Sarabandi, K. 2018. Screening of the alterations in qualitative characteristics of grape under the impacts of storage and harvest times using artificial neural network. *Evolving Systems*, 9: 81–89.

[2] Gallo, M., Formato, A., Giacco, R., Riccardi, G., Lungo, D., Formato, G., Amoresano, A. and Navigli, D. 2019.Mathematical optimization of the green extraction of polyphenols from grape peels through a cyclic pressurization process. *Heliyon*,5: Article e01526.

[3] Majeed, U., Shafi, A., Majeed,H., Akram, K., Liu, X., Ye, J. and Luo, Y. 2023. Grape (*vitis vinifera*L.) phytochemicals and their biochemical protective mechanisms against leading pathologies. *Food Chemistry*, 405.10.1016/j.foodchem.2022.134762.

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

[5] Droby, S. and Lichter, A. 2004. Post-harvest Botrytis infection: etiology, developmentand management. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Eds.),Botrytis: Biology, Pathology and Control. Kluwer Academic Publishers, London,UK, pp. 349–367.

[6] Retamales, J., Defilippi, B.G., Arias, M., Castillo, O. and Manriquez, D. 2003. High CO_2 controlled atmospheres reduce decay incidence in Thampson Seedless and Red Globe table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 29: 177-182.

[7] Lado, J., Gurrea, A., Zacarias, L. and Rodrigo, M.J. 2019. Influence of the storage temperature on volatile emission, carotenoid content and chilling injury development in Star Ruby red grapefruit. *Food Chemistry*,295: 72–81.

[8] Yuan, X.Z., Wu, Z.M., Li, H.D, Wang, Y., Liu, F., Cai, H., Newlove, A.A. and Wang, Y. 2014. Biochemical and proteomic analysis of 'Kyoho' grape (Vitis labruscana) berries during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 88:79–87.

[9] Chen, S.J., Wang, H.O., Wang, R.R., Fu, Q.Q. and Zhang, W. 2018. Effect of gaseous chlorine dioxide (ClO2) with different concentrations and numbers of treatments on controlling berry decay and rachis browning of table grape. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (7): e13662.

[10] Rosales, R., Fernandez-Caballero, C., Romero, I., Escribano, M.I., Merodio, C. and Sanchez-Ballesta M.T. 2013. Molecular analysis of the improvement in rachis quality by high CO2 levels in table grapes stored at low temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 77: 50–58.

[11] Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Ganje, M., Dolatabadi, Z. and S.Carvalho, I. 2017. Modelling of the Selected Physical Properties of the Fava Bean with Various Moisture Contents

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

UsingFuzzy LogicDesign. *Journal of Food Process Engineering*, 40: e12366. https://doi.org/10.1111/jfpe.12366.

[12] Nassiri, A.M., Tahavoor, A. and Jafari, A. 2022. Fuzzy logic classification of mature tomatoes based on physical properties fusion. *Information Processing in Agriculture*, 9(4): 547-555.

[13] 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).

[14] Magalhães, B., Gaspar, P.D., Corceiro, A., João, L. and Bumba, C. 2022. Fuzzy Logic Decision Support System to Predict Peaches Marketable Period at Highest Quality. *Climate*, 10(3): 29. https://doi.org/10.3390/cli10030029

[15] Sajadian, H., Shamili, M., Hokmabadi, H., Tajabadipour, A. and Hasheminasab, H. 2019. Physiological Responses of Some Rootstocks and Interspecific Hybrids of Pistachio to Cold Stress under Greenhouse Conditions'. *Journal of Nuts*, 10(2): 139-151.

[16] 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.

[17] Hashemi Shahraki, M., Mashkour, M. and Garmakhany, A.D. 2014. Development and application of a computer vision system for the measurement of the colour of Iranian sweet bread. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6(1): 33-40.

[18] Valverde, J.M., Valero,D.,Martianez-romero,D., Guillean, F., Castillo, S. and Serrano, M. 2005. Novel Edible Coating Based onAloe vera Gel To MaintainTable Grape Quality and Safety. *Agricultural and Food Chemistry*, 53: 7807-7813

[19] 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.

[20] Khalil, U., Rajwana, I.A., Razzaq, K., Farooq, U., Saleem, B.A. and Brecht, J.K. 2023. Quality attributes and biochemical changes in white and colored table grapes as influenced by harvest maturity and ambient postharvest storage. *South African Journal of Botany*, 154: 273-281.

[21] Ghodsvali, A., Mohamadi, M., Mohamdi Chianeh, S. and Rashidzadeh, S. 2016. An investigation on the effect of harvest time and storage on the quality properties of red grape, the variety of fakhri shahrood. *Journal of crop production and processing*, 5(18): 1-13. (In Persian).

[22] Hosseinpoor, F., Rabiei, V., Amiri, M. and Soleimani, A. 2017. Influence of hot water treatment and nano-packaging on qualitative characterestics of nectarine fruit cv. 'Sunglo' during storage. *Journal of Crops Improvement*, 18(4): 1001-1015.

[23] Garcia, S., Santesteban, L.G., Miranda, C. and Royo, J.B. 2011. Variety and storage time affect the compositional changes that occur in grape samples after frozen storage. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17: 162-168.

[24] Ngo, T., Nguyen, T. H., Dang, T., Do, T., Reungsang, A., Chaiwong, N. and Rachtanapun, P. 2021. Effect of Pectin/Nanochitosan-Based Coatings and Storage Temperature on Shelf-Life Extension of "Elephant" Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit. *Polymers*, 13(19): 3430.

[25] Shewfelt, R.L. and Purvis, A.C. 1995. Toward a comprehensive model for lipid peroxidation in plant tissue disorders. *Hort Science*, 30: 213-218.

[26] Suwapanich, R. and Haewsungcharoen, M. 2007. Effect of temperature and storage time on the thermal properties of Mango Nam Dok Mai cv. Si Thong during storage. *Journal of Agricultural Technology*,1-6.

[27] Esmaeili, N., Naghshband, R. and Zare Nahandi, F. 2019. Evaluation of the effect of harvest time and fruit cold storage period on some of qualitative characteristics of Cornelian cherry fruit'. *Journal of Food Research*, 29(3): 69-84.

[28] Deng, Y., Wu, Y. and Li, Y. 2006. PHysiological responses and quality attributes of Kyohograpes to controlled atmosphere storage. *LWT - Food Science & Technology*, 39: 584–590

[29] Maftoonazad, N. and Ramaswamy, H. 2005. Postharvest shelf-life extension of avocado using methyl cellulose-based coating. *LWT - Food Science & Technology*,38: 617-624.

[30] Lee, J. 2017. Light exclusion influence on grape anthocyanin. *Heliyon*, 3. e00243. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00243.

[31] Sadeghipour, M., Badii, H., Behmadi, H. and Bazyar, B. 2012. The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. *Food Science and Technology*, 9 (35): 89-99. (In Persian).

[32] Ziaolhagh, S. 2021. Effects of some salts on the shelf life of Shahrood Sorkh-e-Fakhri table grapes

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

stored in cold storage'.*Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(6): 101-110.

[33] Eshghi, S., Karimi, R., Shiri, A., Karami, M. and Moradi, M. 2022. Effects of polysaccharide-based coatings on postharvest storage life of grape: measuring the changes in nutritional, antioxidant and phenolic compounds. *Food Measurement and Characterization*, 16: 1159–1170.

[34] Agha Babaei, L., Mortazavi, S., AJovanmard Dakhali, M., Elhami Rad, A.H. and Meshkani, S.M. 2014. Optimizing the formulation of methyl cellulose edible coating and Shirazi thyme extract on the quality and shelf life of grapes. *Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology)*,7(2): 15-24. (In Persian).

[35] Picouet, P.A., Hurtado, A., Jofré, A., Bañon, S., Ros, J. and Guàrdia, M.D. 2016. Effects of Thermal and High-Pressure Treatments on the Microbiological, Nutritional and Sensory Quality of a Multi-Fruit Smoothie. *Food and Bioprocess Technology*, 9: 1219–1232.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Development of an expert system to determine the measured characteristics of grape fruit stored in cold storage using fuzzy logic

Maryam Ebrahimi [1], Rouhollah Karimi [2,*], Amir Daraei Garmakhany [3], Narjes Aghajani [4], Alireza Shayganfar [5]

1- Ph.D student in Food industry science and engineering, Grape Processing and Preservation Department, Faculty of Agriculture, Research Institute of Grape and Raisin, Malayer University, Malayer, Iran

2- Associate Professor, Department of Horticulture and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

3- Associate Professor. Department of Food Science and Technology, Toyserkan Faculty of Engineering and natural resources, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

4- Assistant Professor. Department of Food Science and Technology, Bahar Faculty of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

5- Assistant Professor, Department of Horticulture and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2023/9/18
Accepted: 2023/10/19

Keywords:

Grapes,
Storage time,
Qualitative characteristics,
Fuzzy logic

DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70.

*Corresponding Author E-Mail:
R.Karimi@malayeru.ac.ir

ABSTRACT

The increase in the production and consumption of grapes in the world has increased the need for research in the field of creating conditions for further preservation of this fruit, and the lack of sensors that can provide accurate information from the production and storage process to control systems for decision-making is obvious and evident. Therefore, this study aimed to determine some characteristics of grape fruit (taste index, pH, firmness, ion leakage, ΔE, number of mold and general acceptance) stored in cold storage in the range of storage time from 0 to 60 days was measured and according to the importance Achieving these characteristics during fruit storage, a model using fuzzy logic was created as an expert system with accuracy (with a correlation coefficient greater than 0.96) and very high speed capable of predicting and determining these product characteristics only by using It was time to save it. This system was able to obtain the value of each of these studied characteristics at any desired storage time in the range of 0 to 60 days with very high accuracy and in a fraction of a second. On the other hand, it was found that with increasing storage time, the amount of taste index, pH, number of molds, ΔE and ionic leakage of the samples increased, but the degree of hardness and overall acceptance decreased.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-11]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.70]