علمی پژوهشی

ارزیابی حسی با استفاده از روش منطق فازی و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در آب‌میوه حاصل از شاه‌توت نگهداری‌شده به روش انجمادی

حدیث آریایی [۱]، داود زارع [۲*]، پیمان آریایی [۳]، سعید میردامادی [۴]، شهرام نقی زاده رئیسی [۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، آمل
۲- استادیار گروه بیوتکنولوژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، آمل
٤- استاد گروه زیست فناوری پزشکی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران
۵- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، آمل

(تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰٤/۲۸)

چکیده

شاه‌توت میوه‌ای است که پذیرش قابل‌توجهی در بین مصرف‌کنندگان دارد. فصل برداشت کوتاه و ماندگاری پایین این میوه باعث شده از روش‌هایی هم‌چون انجماد که حداقل تاثیر را بر ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی و خواص حسی شاه‌توت می‌گذارد استفاده شود. از مشکلات ارزیابی حسی غیر پارامتریک بودن نتایج پاسخ‌ها و صحت پایین تحلیل آن‌ها است. امروزه روش‌هایی مانند منطق فازی اجازه می‌دهد مولفه‌های غیر دقیق با روش‌های ریاضی تجزیه و تحلیل گردد. در این بررسی به مدت شش ماه، میوه شاه‌توت در شرایط انجماد ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری و در زمان‌های ۰، ۷۲ ساعت، یک ماه، دو ماه و شش ماه، از شرایط انجمادی خارج و پس از آب‌گیری با استفاده از روش هدونیک پنج نقطه‌ای ارزیابی حسی گردید و با استفاده از منطق فازی داده‌ها تحلیل شد. شاخص‌های مورد ارزیابی شامل رنگ، عطر و بو، طعم و احساس دهانی بود. هم‌چنین pH، اسیدیته، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنل کل نمونه‌ها اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفت. ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که نگهداری انجمادی شاه‌توت موجب افزایش مطلوبیت کلی نمونه‌ها در ۷۲ ساعت گردید. هم‌چنین ارزیابان اهمیت شاخص‌های ارزیابی را به‌ترتیب اهمیت طعم، احساس دهانی، عطر و بو و رنگ عنوان نمودند. نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری انجمادی دچار کاهش pH (۱۹/۸۳٪) و افزایش اسیدیته (۰/۳۱٪) و کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی (حدود ۱٤٪) و ترکیبات فنلی (حدود ۲۱٪) گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان انجماد را به‌عنوان روشی قابل قبول برای نگهداری طولانی مدت میوه شاه‌توت پیشنهاد نمود.

کلید واژگان: شاه‌توت، انجماد، ارزیابی حسی، منطق فازی، آنتی اکسیدان.

* مسئول مکاتبات: Zare@irost.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

۱- مقدمه

شاه‌توت یک میوه بسیار محبوب در ایران است که از پذیرش قابل‌توجهی در بین مصرف‌کنندگان برخوردار است و به‌دلیل ویژگی‌های آب و هوایی مناسب، در نواحی مختلفی از کشور قابل کشت است. در هرحال یکی از مشکلات اساسی در زمینه مصرف این محصول فصل برداشت کوتاه و ماندگاری پایین این میوه است. شاه‌توت به عنوان یک منبع غنی از آنتوسیانین و الاجیتانین[1] شناخته می‌شود [۱] و رنگ سیاه و تیره این میوه به ترکیبات متنوع آنتوسیانینی بر می‌گردد. به‌دلیل فصل کوتاه برداشت معمولا روش‌های خشک‌کردن، کنسرو کردن، تولید مربا و انجماد برای نگهداری طولانی مدت این محصول استفاده می‌گردد و در بین این روش‌ها انجماد به عنوان روشی که حداقل تاثیر را بر روی ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی شاه‌توت می‌گذارد شناخته شده است [۱]. معمولا انجماد تاثیر کمی بر تغییر خواص مواد غذایی دارد. اما به‌هرحال عمل انجماد تقریبا همیشه موجب ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی در میوه‌ها می‌گردد. از مهم‌ترین تغییرات ایجاد شده در هنگام انجماد ایجاد تغییرات گسترده در طعم، بو و دیگر خواص حسی این محصولات است که به صورت ویژه میزان پذیرش مصرف‌کنندگان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل پژوهش‌های فراوانی در زمینه تاثیر نگهداری به‌صورت منجمد بر میوه‌ها در طولانی مدت انجام پذیرفته است [۲]. ارزیابی حسی نقش مهمی در توسعه‌ی علوم و صنایع غذایی دارد. این مهم برای درک ارتباط بین ویژگی‌های مواد خوراکی از یک سو و پذیرش مصرف‌کنندگان و رفتار خریداران از سوی دیگر بسیار ضروری است. به‌طوری‌که یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای تولید و توسعه یک محصول غذایی می‌باشد. ارزیابی خواص حسی محصولات هم‌چنین یکی از شاخص‌های مهم در انتخاب شرایط مناسب نگهداری برای محصولات غذایی است. در هرحال تحلیل نتایج آزمایشات ارزیابی حسی معمولا با چالش‌های متعددی روبروست. مطالعات مربوط به ارزیابی حسی، داده‌های وسیعی را ایجاد می‌کند. از این رو بدون استفاده از روش‌های آنالیز داده‌ها، درک کامل و درست این بررسی‌ها و حصول به نتایج کاربردی ممکن نیست. بنابراین آنالیز و تفسیر نتایج ارزیابی حسی مواد غذایی با کمک نرم‌افزارهای آماری به یکی از مهم‌ترین موضوعات سال‌های اخیر در صنعت غذا و پژوهش‌های صنایع غذایی تبدیل شده است. ارزیابی خواص حسی محصولات هم‌چنین یکی از شاخص‌های مهم در انتخاب شرایط مناسب نگهداری برای محصولات غذایی است. یکی از مشکلات اساسی در این راستا این است که نتایج به دست آمده از ارزیابی‌های حسی معمولا دارای پاسخ‌های غیر پارامتریک است و تحلیل نتایج آن از صحت بالایی برخوردار نیست. از مهم‌ترین روش‌هایی که امروزه برای آنالیز داده‌های ارزیابی حسی استفاده می‌شود می‌توان به روش‌های عنکبوتی و کروسکال والیس اشاره نمود که هیچ‌کدام قابلیت ارزیابی دقیق و آماری با دقت بالا را از خود نشان نمی‌دهند و معمولا به صورت کیفی محصولات را رتبه‌بندی می‌نمایند [۳]. در دو دهه‌ی گذشته، کارشناسان و متخصصان آمار و ریاضیات نرم‌افزارهای متعددی را برای استفاده‌ی آسان‌تر کاربران طراحی کرده‌اند. امروزه روش‌های نوینی از قبیل PCA[2] و منطق فازی به منظور تحلیل دقیق نتایج ارزیابی حسی بنا شده است [۳].

تئوری منطق فازی که اجازه می‌دهد مولفه‌های غیر دقیق با روش‌های ریاضی تجزیه و تحلیل گردد برای اولین بار توسط پروفسور لطفی‌زاده (۱۹۶۵) ارائه گردید. این روش امروزه مصارف بسیار گسترده‌ای در زمینه‌های متعدد یافته است. چن و همکارانش (۱۹۸۸) یک مدل فازی برای ارزیابی حسی ارائه نمودند و زهانگ و لیتسفیلد (۱۹۹۱) یک مدل مفهومی فازی برای رتبه‌بندی محصولات غذایی ابداع نمودند. در این روش رتبه‌بندی محصولات غذایی و کیفیت آن‌ها براساس سه‌گانه‌هایی پایه‌گذاری می‌گردد که مقیاس‌های ارزیابی حسی در آن اعمال گردیده است. این سه‌گانه‌ها شامل ویژگی‌های رنگ، عطر و بو، طعم و مقبولیت کلی می‌گردد. در این روش برای عضویت هر یک از ویژگی‌ها در این سه‌گانه‌ها مقیاس‌های متعددی تعریف شده و براساس درجه عضویت هر ویژگی امتیاز نهایی یک محصول محاسبه شده و با نمونه‌های دیگر مقایسه می‌گردد [٤]. در واقع در این روش نتایج مبهم ارزیابی حسی به طور مشخص

1. Ellagitannin

2. Principal component analysis

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

امتیازگذاری شده و تبدیل به امتیازهای شفاف می‌گردد. در تئوری منطق فازی بر خلاف تئوری‌های استاندارد میزان تعلق یک ویژگی به یک دسته خاص مطلق نیست [۵]. امروزه هیچ دستگاهی از جمله وسایل خانگی بدون کاربرد منطق فازی در ساختار فنی خود ساخته نمی‌شود و در زندگی روزمره بارها از منطق فازی چه در علوم مهندسی، ریاضیات، علوم پایه، صنایع و نساجی و علوم و صنایع غذایی، اقتصاد و رباتیک و هوش مصنوعی، استفاده و بهره فراوانی برده می‌شود [٦].

بنابراین هدف از اجرای این تحقیق ارائه یک روش مناسب و قابل اطمینان با منطق فازی برای ارزیابی حسی شاه‌توت به عنوان یک محصول گیاهی با ماندگاری پایین در طی نگهداری به روش انجماد و بررسی پایداری خواص آنتی‌اکسیدانی این محصول می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد شیمیایی مورد استفاده

DPPH از شرکت سیگما، اسید گالیک از شرکت Unichem، متانول از شرکت‌های معتبر ایرانی (دکتر مجللی) و اسید آسکوربیک، کربنات سدیم و معرف فولین سیوکالتو از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

۲-۲-نحوه انتخاب و تهیه میوه‌ها

شاه‌توت‌های درشت و رسیده از رقم (*Morus nigra*) که از باغ‌های اطراف شهریار چیده شده بود و کمتر از ٢٤ ساعت از برداشت آن‌ها می‌گذشت، پس از بررسی تخصصی و اطمینان از تازگی و رسیدگی آن‌ها از بازار تجریش تهران خریداری شدند.

۲-۳- شرایط منجمد کردن و نحوه نگهداری

در ابتدا شاه‌توت‌های تازه خریداری شده، شستشو داده شد و پس از این‌که سطوح آن‌ها توسط پارچه‌های رطوبت‌گیر، رطوبت‌گیری شد و در شش ظرف ۱۰۰ گرمی مخصوص بسته‌بندی انجمادی بسته‌بندی شد و در دمای ۲±۱۸- درجه سلسیوس در فریزر ایستکول (مدل TM-959-95) به مدت شش ماه نگهداری شدند [۷].

۲-٤- آماده‌سازی محصول منجمد شده به منظور ارزیابی حسی

به منظور تهیه میوه‌ها هربار به صورت تصادفی یک بسته از هریک از نمونه‌های شاه‌توت منجمد شده از فریزر خارج شده و سپس در دمای محیط نگهداری شد تا کاملا ذوب شوند. سپس با آب‌میوه‌گیر تفال (مدل ZE-350)، آب‌گیری شد و آب‌میوه از صافی رد شد و تفاله آن گرفته شد.

۲-۵- ارزیابی حسی به روش هدونیک

ارزیابی حسی بر اساس ارزیابی پنج نقطه‌ای هدونیک طراحی شد. ارزیاب‌ها ۲۳ نفر شامل ۱۲ مرد و ۱۱ زن در سن بین ۲۰ الی ۵۵ سال بودند. میوه‌ها به صورت تازه و منجمد، آب‌گیری شدند و جهت ارزیابی به ارزیاب‌ها ارائه شدند و این افراد مزه و طعم، بو، رنگ، احساس دهانی و پذیرش کلی را بررسی کردند و براساس مقیاس هدونیک پنج نقطه‌ای امتیاز دادند. امتیاز ۱بسیار بد، ۲ بد، ۳ متوسط، ٤ خوب و امتیاز ۵ بسیار خوب در نظر گرفته شد. هم‌چنین از ارزیاب‌ها درخواست شد تا در قالب یک فرم از پیش تهیه‌شده درجه اهمیت هر یک از شاخص‌های رنگ، بو، مزه و احساس دهانی را از یک تا پنج مشخص کنند و امتیاز ۱ بی اهمیت، ۲ کم اهمیت، ۳ متوسط، ٤ با اهمیت و ۵ بسیار با اهمیت در نظر گرفته‌شد [۸].

۲-٦- بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی

ابتدا یک محلول ۰/۰۰٤٪ از DPPH در متانول در یک بالن ژوژه تهیه گردید. محلول DPPH (۸۰۰ میکرولیتر) و آب‌میوه (۲۰۰ میکرولیتر) به همراه متانول (۸۰۰ میکرولیتر) به ترتیب به عنوان کنترل و شاهد مورد استفاده قرار گرفت. به منظور انجام آزمایشات مقدارهای ۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰ و ٦۰ میکرولیتر از آب‌میوه با متانول به حجم ۱۰۰۰ میکرولیتر رسانده شدند. سپس از هر غلظت از محلول‌های تهیه‌شده ۲۰۰ میکرولیتر برداشته‌شد و با ۸۰۰ میکرولیتر محلول DPPH مخلوط گردید. هم‌چنین برای تهیه شاهد از هر غلظت از آب‌میوه‌ها ۲۰۰ میکرولیتر برداشته شده و با ۸۰۰ میکرولیتر متانول مخلوط شد. سپس محلول‌های ساخته‌شده ٦۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

Biowave II) بررسی شد. در انتها میزان قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از معادله شیب خط نمودار حاصل از اعداد آنتی‌اکسیدانی و براساس معادله (۱) به‌صورت IC_{50} محاسبه شد [۹]. کلیه آزمون‌ها به‌صورت سه تکرار انجام شد.

Equation (1)

$$\%inhibition = \frac{100 - \left[\left(Abs\ sample - Abs\ blank\right) x100\right]}{Abscontrol}$$

% inhibition: درصد مهار

Abs sample: جذب نمونه

Abs blank: جذب شاهد

Abs Control: جذب کنترل

۲-۷- اندازه‌گیری فنل کل

برای آماده‌سازی نمونه‌ها مقدار ۲۰ میکرولیتر آب‌میوه با ۱۵۸۰ میکرولیتر آب‌مقطر رقیق شد و از نمونه رقیق شده ۲۰۰ میکرولیتر برداشته شد و با ۲۰۰ میکرولیتر محلول فولین سیوکالتوی رقیق‌شده مخلوط گردید و به‌مدت سه تا هشت دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. پس از آن ۶۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم (۱۰٪) به آن اضافه گردید. محلول فوق به مدت ۶۰ دقیقه در تاریکی و در دمای محیط قرار داده شد. سپس جذب کلیه نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر (مدل Biowave II) در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. منحنی استاندارد اسید گالیک نیز با غلظت‌های مختلف اسید گالیک رسم شد و میزان فنل کل نمونه‌ها براساس منحنی اسید گالیک محاسبه شد [۱۰]. کلیه آزمون‌ها به‌صورت سه تکرار انجام شد.

۲-۸- اندازه‌گیری اسیدیته و pH (آنالیز فیزیکوشیمیایی)

نمونه‌های آب‌میوه از نظر pH، با دستگاه pH متر (مدل EcoMet) سنجیده شد [۱۱]. اسیدیته نمونه‌ها نیز با روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد [۱۰]. کلیه آزمون‌ها به‌صورت سه تکرار انجام شد.

۲-۹- تحلیل‌های آماری

۲-۹-۱- تحلیل نتایج ارزیابی حسی به روش منطق فازی

به‌منظور تحلیل داده‌های به‌دست آمده از ارزیابی حسی از روش منطق فازی استفاده شد. برای این‌کار ابتدا امتیاز کلی ارزیابی حسی هر یک از نمونه‌های شاه‌توت تازه و منجمد به شکل سه‌گانه محاسبه شد. سپس معادله میزان عضویت هر جزء بر روی مقیاس فازی استاندارد محاسبه گردید و معادله عضویت کلی بر روی مقیاس فازی استاندارد به دست آمد. در ادامه ارزش‌های تشابه و رتبه‌بندی نمونه‌ها به‌دست آمد و در نهایت نمونه‌ها به صورت ترتیبی و براساس نتایج فازی شدن رتبه‌بندی شد [۱۲].

۲-۹-۱-۱- تهیه الگوی مناسب مثلثی برای ارزیابی حسی پنج نقطه‌ای

اولین قدم برای تحلیل داده‌ها به شکل فازی ایجاد یک الگوی مناسب به شکل نمودارهای فازی مثلثی می‌باشد. این الگو که اصطلاحا الگوی معادله توزیع عضویت مثلثی نامیده می‌شود با یک سری سه شماره‌ای به نام سه‌گانه به دست آمد که در (شکل ۱) نشان داده‌شده است. در این شکل الگوی توزیع هدونیک پنج‌نقطه‌ای به شکل ضعیف/غیرمهم، کمی ضعیف/تا حدی مهم، خوب/مهم، خیلی خوب/خیلی مهم، عالی/بسیار مهم نشان داده‌شده است.

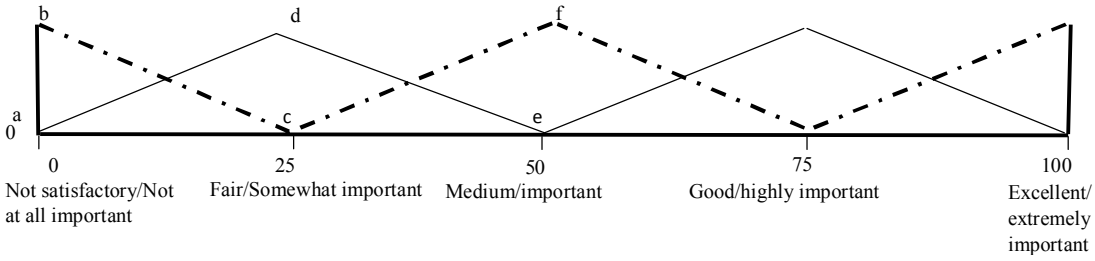

Fig 1 Triplet of five points hedonic sensory evaluation

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

(جدول ۱) نیز همین سه‌گانه‌ها را در یک الگوی مثلثی به شکل عددی نشان می‌دهد. در این جدول عدد اول نشان‌دهنده مکانی است که معادله بیشترین عضویت را در آن ناحیه دارد و اعداد دوم و سوم نشان‌دهنده فاصله عدد اول به ترتیب از چپ و راست است تا جایی که عضویت در این ناحیه به صفر برسد.

Table 1 Triplets for five-point sensory evaluation

Not important	Somewhat important	Important	Highly important	Extremely important
0 0 25	25 25 25	50 25 25	75 25 25	100 0 0

۲-۹-۱-۲- محاسبه سه‌گانه‌های شاخص‌های رنگ، بو، مزه و احساس دهانی برای هریک از نمونه‌ها براساس الگوی مثلثی

با استفاده از الگوی ارائه‌شده و براساس نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی برای هریک از نمونه‌ها سه‌گانه‌های مربوط به هر یک از شاخص‌ها از جمع امتیاز ارزیابی حسی به شکل جدول (۲) محاسبه شد.

Table 2 Initial triplets for colour, aroma, taste, and mouthfeel indices of each sample

Sensory factors	NO. of evaluators					
	Excellent	Good	Medium	Fair	Not satisfactory	Triplets for sensory
Colour						
Fresh mulberry	5	13	5	0	0	(75.00 25.00 19.50)
Frozen mulberry (72h)	5	13	4	0	1	(72.82 23.91 19.56)
Frozen mulberry (1 month)	21	2	0	0	0	(2.17 25.00 97.82)
Frozen mulberry (2 month)	21	2	0	0	0	(2.17 25.00 97.82)
Frozen mulberry (6 month)	13	0	1	0	0	(96.42 25.00 1.78)
Aroma						
Fresh mulberry	3	9	9	1	1	(21.73 23.91 63.04)
Frozen mulberry (72h)	5	8	6	2	2	(19.56 22.82 63.04
Frozen mulberry (1 month)	9	11	2	1	0	(15.21 25.00 80.43)
Frozen mulberry (2 month)	9	11	2	1	0	(15.21 25.00 80.43)
Frozen mulberry (6 month)	10	2	2	0	0	(89.28 25.00 7.14)
Taste						
Fresh mulberry	1	7	5	9	1	(23.91 23.91 48.72)
Frozen mulberry (72h)	5	7	9	1	1	(19.56 23/91 65.21)
Frozen mulberry (1 month)	11	9	2	1	0	(13.04 25.00 82.60)
Frozen mulberry (2 month)	11	9	2	1	0	(11.04 25.00 82.60)
Frozen mulberry (6 month)	9	4	1	0	0	(89.28 25.00 8.92)
Mouthfeel						
Fresh mulberry	1	8	5	7	2	(23.91 22.82 48.91)
Frozen mulberry (72h)	8	4	8	1	2	(17.04 22.72 64.77)
Frozen mulberry (1 month)	9	11	2	1	0	(15.21 25.00 80.43)
Frozen mulberry (2 month)	9	11	2	1	0	(15.21 25.00 80.43)
Frozen mulberry (6 month)	7	6	1	0	0	(85.71 25.00 12.50)

برای انجام این‌کار تعداد افرادی که به هر یک از حالت‌های (جدول ۱) امتیاز داده بودند طبق معادله (۲) زیر در سه‌گانه مربوط به خود ضرب شدند و سپس این سه‌گانه‌ها با هم جمع شده و به تعداد کل ارزیاب‌ها تقسیم شدند. برای مثال رنگ مربوط به نمونه شاه‌توت تازه در حالیکه تعداد ارزیابان ۲۳ نفر بودند و از این تعداد صفر نفر امتیاز بسیار بد، صفر نفر امتیاز بد، پنج نفر متوسط، ۱۳ نفر خوب، و پنج نفر امتیاز خیلی خوب به نمونه داده باشند به شکل معادله (۲) محاسبه می‌گردد.

Equation (2)

$$STC = \frac{0(0\,0\,25)+0(25\,25\,25)+5(50\,25\,25)+13(75\,25\,25)+5(100\,25\,0)}{(0+0+5+13+5)}$$

این فرآیند برای همه نمونه‌ها انجام شده و در (جدول ۲) ذکر گردیده‌است. همان‌گونه که در قسمت ارزیابی ذکر شد از ارزیابان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

خواسته شده بود تا اهمیت هریک از شاخص‌ها را نیز از نظر خودشان مشخص کنند. در این مرحله الگویی که برای محاسبه سه‌گانه شاخص‌ها به کار رفته بود برای محاسبه سه‌گانه اهمیت شاخص‌ها نیز به‌کار گرفته شد که نتایج آن در (جدول ۳) محاسبه شده و نشان داده شده است. در این مرحله هم‌چنین وزن نسبی اهمیت هریک از شاخص‌ها به دست آمد. برای این‌کار ابتدا مجموع عضویت اهمیت هر چهار شاخص با هم جمع شد و سپس عضویت هریک از شاخص‌ها به صورت جداگانه به آن تقسیم شد و وزن نسبی اهمیت‌ها طبق (جدول ۳) به‌دست آمد.

Table 3 Triplets for quality attributes of each sensory factor and relative weightage triplets

Sensory factors	NO. of evaluators						
	Not important	Somewhat impotrant	Important	Highly important	Extremely important	Triplet for sensory	Triplet for relative weightage
Color	0	1	9	6	7	(17.39 25.00 70.65)	(0.053 0.076 0.217)
Aroma	0	3	3	7	10	(14.13 25.00 76.08)	(0.043 0.076 0.243)
Taste	0	0	1	1	21	(2.17 25.00 96.73)	(0.006 0.076 0.297)
Mouthfeel	0	0	4	9	10	(14.13 25.00 81.52)	(0.043 0.076 0.250)

۲-۹-۱-۳-محاسبه سه‌گانه‌های تجمیع شده از هر چهار شاخص رنگ، بو، طعم و احساس دهانی براساس وزن نسبی اهمیت

از آن‌جا که هدف از این کار رتبه‌بندی نمونه‌ها به‌صورت کلی است برای یافتن سه‌گانه‌های کلی و امتیاز هریک از نمونه‌ها سه‌گانه امتیاز ارزیابی برای هر شاخص در سه‌گانه وزن نسبی همان شاخص ضرب شد و جمع سه‌گانه‌های به‌دست‌آمده برای همه شاخص‌ها به‌دست آمد. معادله (۳) نحوه محاسبه سه‌گانه کلی برای نمونه شاه‌توت تازه است.

Equation (3)

$$SO_1=S_1C\times QC_{rel}+S_1A\times QA_{rel}+S_1T\times QT_{rel}+S_1M\times QM_{rel}$$

در این معادله S_1C، S_1A، S_1T و S_1M به‌ترتیب نمایانگر سه‌گانه‌های مربوط به رنگ، بو، مزه و احساس دهانی در نمونه شماره یک می‌باشد. و QC_{rel}، QA_{rel}، QT_{rel} و QM_{rel} نمایانگر وزن نسبی هریک از شاخص‌ها می‌باشد. به‌همین ترتیب و با همین معادله امتیاز کلی برای همه نمونه‌ها محاسبه گردید. لازم به‌ذکر است برای ضرب سه‌گانه‌ها در یکدیگر لازم است تا از روش ضرب توابع که به‌شکل معادله (٤) انجام می‌شود استفاده نمود. در نمودار زیر ضرب ساده سه‌گانه‌های (abc) در (def) نشان داده شده است.

Equation (4)

$$(a\ b\ c)\times(d\ e\ f)=(a\times d\ \ a\times e+d\times b\ \ a\times F+d\times c)$$

۲-۹-۱-٤- ایجاد الگوی استاندارد فازی

برای استانداردسازی داده‌هایی که تا این مرحله به‌دست آمده است لازم است تا یک الگوی استاندارد فازی ایجاد شود تا نتایج محاسبات تا این مرحله با آن مقایسه شود. برای این‌کار یک الگوی استاندارد فازی برای ارزیابی حسی به صورت شش نقطه‌ای ایجاد شد که در (شکل ۲) نشان داده شده است.

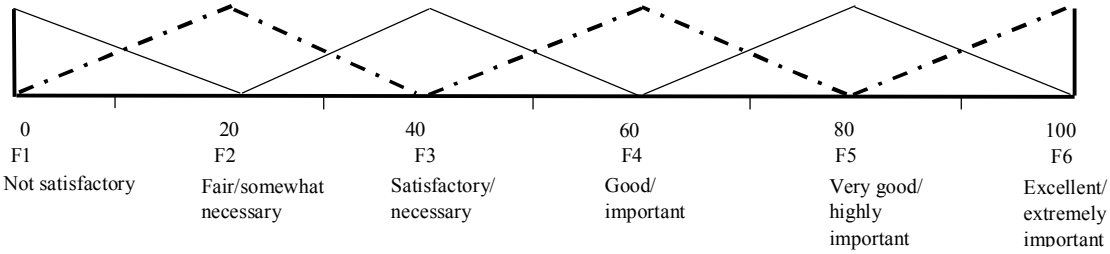

Fig 2 Standard fuzzy scale

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

علائم F1 تا F6 مقیاس‌های ارزیابی حسی است که از بی‌اهمیت تا بسیار با اهمیت توسعه یافته است. براساس الگوی طراحی شده شش معادله F1 تا F6 به شکل معادله (۵) تهیه‌شد.

Equation (5)

F1= (1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)

F2= (0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0)

F3= (0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0, 0, 0)

F4= (0, 0, 0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0)

F5= (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5)

F6= (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 1)

۲-۹-۱-۵- محاسبه میزان عضویت کلی امتیاز ارزیابی بر روی مقیاس فازی استاندارد

نحوه محاسبه میزان عضویت در (شکل۳) به صورت گرافیکی نشان داده شده است. این شکل معادله عضویت یک تابع abc را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد برای یک سه‌گانه abc وقتی که مقدار خط افقی a است ارزش معادله‌ی عضویت ۱ است و وقتی این مقدار کمتر از a−b و یا بیشتر از a+c باشد مقدار عضویت عدد صفر خواهد بود. اما برای مقادیر بین این دو بازه ارزش عددی به ازای مقدار بعد افقی معادله عضویت Bx به شکل معادله (٦) نشان داده می‌شود.

Equation (6)

$$Bx = \frac{x-(a-b)}{b} \quad \text{For } (a-b) < x < a$$

$$Bx = \frac{(a+b)-x}{c} \quad \text{For } a < x < (a+c)$$

$$Bx = 0 \quad \text{For } x < (a-b) \text{ and } x > (a+c)$$

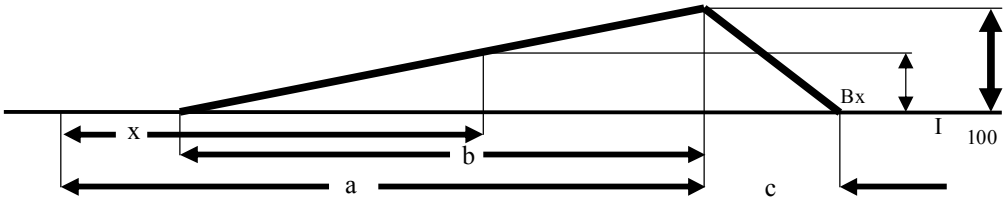

Fig 3 Graphical explanation for calculation of B_x in equation (6)

لذا برای هریک از نمونه‌ها و سه‌گانه‌های آن اعداد معادله‌ی عضویت برای Bx به ازای مقادیر برابر با ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ٦۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ براساس معادله شماره ۵ به دست خواهد آمد. حل این معادلات برای هر نمونه یک سری ۱۰ عددی به وجود خواهد آورد که شامل بزرگ‌ترین عدد به ازای Bx برای 0<x<10، 10<x<20، 20<x<30، 30<x<40، 40<x<50، 50<x<60، 60<x<70، 70<x<80، 80<x<90، 90<x<100 می‌باشد. لازم به‌ذکر است اعداد a، b و c به‌ترتیب اعداد اول تا سوم هر یک از سه‌گانه‌ها خواهد بود و در معادله مقدار x به‌ترتیب ۰، ۱، ۲، ۳، ٤، ٥، ٦، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۹-۱-٦- رتبه‌بندی نهایی نمونه‌ها

پس از انجام محاسبات بالا برای هریک از نمونه‌ها یک سری ۱۰ عددی به ازای اعداد B_x برای هریک از نمونه‌ها براساس مقیاس فازی استاندارد به‌دست خواهد آمد. حال براساس معادله (۷)، میزان اشتراک هر یک از این سری اعداد با تابع استاندارد مقایسه خواهد شد.

Equation (7)

$$(F,B) = \frac{F \cdot B'}{Max(F \cdot F' \text{ and } B \cdot B')} \text{Sm}$$

در این معادله Sm میزان اشتراک برای نمونه است و F×B′ محصول ماتریکس F با معکوس ماتریکس F×F′،B محصول ماتریکس F با معکوس F و′B×B محصول ماتریکس B با معکوس ماتریکس B است. بنابراین برای نمونه اول Sm برای مجموعه‌های Sm(F1, B1), Sm(F2, B1), Sm(F3, B1), Sm(F4, B1),Sm(F5, B1), and Sm(F6, B1) محاسبه شدند. به این ترتیب میزان اشتراک‌های همه نمونه‌ها در این رتبه‌بندی به‌دست آمد و با هم مقایسه شد. بدیهی است رتبه هر نمونه براساس بیشترین میزان عضویت آن نمونه در هر یک از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

رتبه‌های ذکر شده تعیین خواهد شد.

۲-۹-۱-۷- رتبه‌بندی ارزش عضویت صفات برای نمونه‌ها

همان‌گونه که در بالا توضیح داده شد از ارزیاب‌ها خواسته شده بود تا درجه اهمیت هر یک از شاخص‌ها را نیز مشخص کنند که البته در معادلات بالا به‌کار گرفته‌شد. برای این‌کار با استفاده از امتیازهای ارزیاب‌ها سه‌گانه‌هایی برای چهار صفت کیفی ایجاد و میزان اشتراک آن با الگوی فازی استاندارد محاسبه‌شد. با مقایسه میزان اشتراک برای هر یک از چهار معیار کیفی (شامل رنگ، بو، مزه و احساس دهانی)، دسته‌ی دارای بیشترین اشتراک به‌دست آمد. دسته‌ها شامل غیر مهم، مهم و .... بودند و بیشترین اشتراک به‌عنوان رتبه آن شاخص انتخاب شدند.

۲-۹-۲- تحلیل نتایج آزمایشات فیزیکوشیمیایی

نتایج آزمون‌های آنتی‌اکسیدان، فنل کل و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه و براساس آزمون توکی با فاصله اطمینان ۹۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت. تمام آزمایش‌ها به صورت سه تکرار انجام‌شد و داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. نرم‌افزار مورد استفاده مینی‌تب (نسخه ۱٦)، بود و تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های شاه‌توت به روش هدونیک

نتایج حاصل از ارزیابی حسی انجام شده در (جدول ۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد نتایج حاصل از ارزیابی به طور یکسان در همه دسته‌ها از عدم رضایت تا عالی توزیع نشده است و به‌طور کلی آب شاه‌توت به‌عنوان یک آب‌میوه پرطرفدار با پذیرش کلی بالا در نظر گرفته می‌شود. این موضوع در مورد رنگ نسبت به سه شاخص دیگر به‌صورت واضح‌تری دیده می‌شود. اما به‌هر حال تحلیل داده‌های ارزیابی حسی نیاز به استفاده از روش‌های تحلیلی مناسب دارد. به‌همین دلیل تحلیل داده‌های ارزیابی با استفاده از روش منطق فازی صورت پذیرفت. برای انجام ارزیابی حسی در اولین مرحله نتایج حاصل از ارزیابی هدونیک در (جدول ۲) براساس معادله (۲) به‌صورت سه‌گانه‌های فازی درآمد. یکی از موضوعات بسیار مهم در زمینه ارزیابی حسی این است که میزان اهمیت شاخص‌ها در مورد محصولات غذایی متفاوت یکسان نیست. برای مثال در برخی از محصولات غذایی مانند آب زرشک، طعم از بیشترین اهمیت برخوردار بوده است [۱۳]. سینیا و میشرا (۲۰۱۱) نشان دادند که اهمیت رنگ در مقایسه با عطر و بو و طعم برای ارزیابان حسی در مورد چای طبیعی کمتر است [۱٤]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ترتیب اهمیت شاخص‌ها در محصولات غذایی متفاوت، از نظر ارزیابان متفاوت است. لذا باتوجه به این موضوع لازم است تا وزن اهمیت هر یک از شاخص‌ها به‌گونه‌ای در تحلیل ارزیابی نمونه‌ها اعمال گردد. نتایج امتیاز اهمیت شاخص‌ها در (جدول ۳) نشان داده شده‌است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد هر چهار شاخص رنگ، عطر و بو، طعم و احساس دهانی از نظر ارزیاب‌ها دارای اهمیت بالایی هستند. در هرحال برای تحلیل نتایج اهمیت شاخص‌ها به شکل مرحله قبل سه‌گانه‌هایی ایجاد گردید و این سه‌گانه‌های اهمیت در سه‌گانه‌های (جدول ۲) ضرب گردید که نتایج آن در (جدول ۳) نشان داده شده است.

۳-۲- نتایج حاصل از سه‌گانه‌های تجمیع شده از هر چهار شاخص رنگ، بو، طعم و احساس دهانی براساس وزن نسبی اهمیت

نتایج حاصل از ضرب وزنی شاخص‌ها که طبق معادله (۳) انجام پذیرفت در (جدول ٤) نشان‌داده‌شده است. در واقع تا این مرحله از محاسبات فرآیند فازی نمودن ورودی‌ها صورت پذیرفته است.

Table 4 Fuzzy triplets for overall sensory scores of fresh and frozen mulberry juice samples

Sample	Triplets for overall sensory scores
Fresh mulberry	(57.56 41.93 31.41)
Frozen mulberry (72h)	(66.07 44.32 30.77)
Frozen mulberry (1 month)	(84.86 51.25 24.51)
Frozen mulberry (2 month)	(84.86 51.25 24.51)
Frozen mulberry (6 month)	(90.08 50.25 15.02)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

حال لازم است تا ضرایب B_x محاسبه گردد. این ضرایب که طبق معادله‌های (٦) محاسبه شده است در (جدول ٥) نشان داده شده است. نتایج نهایی اعمال مقیاس فازی استاندارد نیز پس از محاسبه ضریب B_x در (جدول ٦) نشان داده شده است.

Table 6 B_x values for fresh and frozen mulberry juice samples

B_x	B_x values									
Fresh mulberry	0	0.123864	0.35988	0.59591	0.831938	1	0.914622	0.618116	0.32161	0.025105
Frozen mulberry (72h)	0	0	0.186155	0.411751	0.637347	0.862943	1	0.872468	0.547517	0.222566
Frozen mulberry (1 month)	0	0	0.124704	0.31981	0.514916	0.710022	0.905128	1	0.790451	0.382562
Frozen mulberry (2 month)	0	0	0.124704	0.31981	0.514916	0.710022	0.905128	1	0.790451	0.382562
Frozen mulberry (6 month)	۰	۰	0.003198	0.202203	0.401208	0.600213	0.799218	0.998223	1	0.340463

۳-۳- نتایج حاصل از رتبه‌بندی نهایی نمونه‌ها

رتبه‌بندی نهایی نمونه‌های شاه‌توت تازه و شاه‌توت‌های منجمد براساس امتیاز فازی در (جدول ٦) نشان‌داده شده‌است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد انجماد اثر نامطلوبی بر روی ارزیابی حسی نمونه‌های شاه‌توت نمی‌گذارد. حتی در مواردی باعث افزایش نسبی مطلوبیت نمونه‌ها نیز می‌گردد. براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نمونه منجمد یک ماهه را در رتبه یک قرار داد. به‌طور کلی رتبه‌بندی نمونه‌ها به شکل زیر خواهد بود.

شاه‌توت تازه < شاه‌توت منجمد دوماهه < شاه‌توت منجمد ۷۲ ساعته < شاه‌توت منجمد یک ماهه

نتایج یک بررسی که توسط فدراسیون مواد غذایی منجمد انگلیس (۲۰۰۹)، بر روی ویژگی‌های حسی زغال‌اخته تازه و منجمد انجام شد، حاکی از ارجحیت میوه تازه نسبت به نمونه یخ زده است [۱۵]. طبق مشاهدات بلوت و همکاران (۲۰۱۸) در طی ۹۰ روز نگهداری انجمادی توت‌فرنگی و لوبیا سبز، رنگ آن‌ها نسبت به نوع تازه آن‌ها دچار افت شده و کاهش نسبی نشان داد [١٦]. پاول سینگ (۲۰۰۹) علت اصلی تغییر رنگ در سبزی و میوه منجمد در طول زمان ذخیره‌سازی انجمادی را محوشدن ترکیبات رنگ طبیعی به‌دلیل تغییر در کلروفیل‌ها و از بین‌رفتن رنگ از محصول به محیط اطراف عنوان کرده است [۱۷]. در مطالعه حاضر شاه‌توت منجمد یک‌ماهه از نظر ارزیابان با ویژگی‌های حسی بهتر نسبت به سایر نمونه‌ها و حتی نمونه شاه‌توت تازه تشخیص داده شد که از این نظر با بسیاری از گزارشات فوق متفاوت است. هم‌چنین هیچ‌گونه افتی در رنگ نمونه‌ها از نظر ارزیابان مشاهده نشد. اما باید توجه داشت هدف اصلی در پژوهش حاضر تاثیر زمان انجماد بر روی آب‌میوه شاه‌توت بوده‌است و شاید به‌همین دلیل بافت مستقیم میوه که شاخص تاثیرگذاری در ارزیابی حسی است موجب کاهش ارزش حسی نمونه‌ها نشده است.

Table 6 Final ranking of fresh and frozen mulberry juice samples based on fuzzy score

Scale factors	fresh mulberry	72 h frozen mulberry	1 month frozen mulberry	2 month frozen mulberry	6 month frozen mulberry
Not satisfactory, F1	0.02	0	0	0	0
Fair, F2	0.22	0.11	0.08	0.01	0.03
Satisfactory, F3	0.6	0.45	0.36	0.21	0.27
Good, F4	0.75	0.75	0.68	0.64	0.63
Very good, F5	0.4	0.59	0.7	0.46	0.77
Excellent, F6	0.05	0.14	0.22	0	0.25

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

۳-٤- رتبه‌بندی اهمیت شاخص‌ها

همان‌گونه که ذکر شد یکی از ویژگی‌های تحلیل نتایج ارزیابی حسی با منطق فازی قابلیت رتبه‌بندی اهمیت شاخص‌ها برای ارزیابان است. این رتبه‌بندی در (جدول ۷) نمایش داده‌شده است که می‌توان آن را به شرح زیر خلاصه نمود.

رنگ < عطر و بو < احساس دهانی < طعم

بر این اساس می‌توان گفت در مورد ارزیابی حسی نمونه‌های آب میوه شاه‌توت بیشترین اهمیت توسط ارزیابان به طعم داده‌شده است و کم‌ترین اهمیت به رنگ اما نباید فراموش کرد هیچ یک از شاخص‌های مورد ارزیابی امتیاز بی‌اهمیت و یا کم‌اهمیت به خود نگرفته‌اند و در مجموع تمامی شاخص‌های مورد ارزیابی را با اهمیت ارزیابی کرده‌اند که این موضوع به‌خوبی در (جدول ۷) نمایان‌گر است.

مزیت روش فازی نسبت به روش عنکبوتی و تحلیل واریانس این است که در این روش می توان شاخص‌ها را رتبه‌بندی نمود و داده‌های کیفی را به‌راحتی مورد آنالیز قرار داد. این روش برای تحلیل داده‌ها در ارزیابی حسی بسیار مؤثر است که قادر به محاسبه داده‌های عددی و کیفی بوده و در نهایت منجر به تفسیر دقیق‌تر داده‌ها می‌شود [۱۲] . منطق فازی ابزاری مهم است که با استفاده از آن می‌توان داده‌های مبهم را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و می‌توان نتیجه‌گیری‌های مهمی در مورد پذیرش، رد و رتبه‌بندی ویژگی‌های مواد غذایی به دست آورد. در مدل‌سازی فازی، از متغیرهای زبانی (مثلاً رضایت‌بخش، خوب، عالی و غیره) برای ایجاد رابطه بین متغیر مستقل (به‌عنوان مثال، رنگ، عطر، طعم، احساس دهانی و غیره) و متغیر وابسته (پاسخ) به‌کار می‌رود [۱۸]. یکی از مهم‌ترین برتری‌های روش منطق فازی نسبت به روش‌های دیگر امکان اعمال میزان اهمیت شاخص‌ها در پاسخ نهایی می‌باشد. این موضوع در روش‌های دیگر نظیر روش عنکبوتی و کروسکال والیس امکان‌پذیر نیست.

در مطالعه دیگری که توسط کربونل و همکاران (۲۰۰۸) در نگهداری انواع نارنگی در دمای ۲۰- درجه سلسیوس انجام پذیرفت، در درجه اول رنگ و سپس عطر و بو و طعم نارنگی‌ها، به‌ترتیب دارای اولویت بودند [۱۹]. در بررسی حاضر و طبق (جدول ۷) همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد ارزیابان حسی هیچ‌یک از شاخص‌های مورد ارزیابی را بی‌اهمیت در نظر نگرفته‌اند و به‌طور کلی هر چهار شاخص ارزیابی دارای اهمیت بوده است اما در مجموع طعم به‌عنوان مهم‌ترین شاخص در نظر گرفته شده‌است. لازم به‌ذکر است شاید یکی از دلایلی که در این آزمون رنگ نسبت به شاخص‌های دیگر کمتر توسط ارزیابان مورد توجه قرار گرفته این است که نمونه‌های مورد ارزیابی از نظر رنگ تغییر بارزی نداشت و همگی رنگ طبیعی خود را داشت. این موضوع در مورد انجماد سبزیجات و مرکبات کاملا متفاوت است.

Table 7 Similartity values for color, aroma, taste and mouthfeel in general

Scale factors	Color	Aroma	Taste	Mouthfeel
Not important, F1	0	0	0	0
Somewhat important, F2	0.14	0	0	0
Necessary, F3	0.82	0.29	0.007	0.18
important, F4	0.62	0.92	0.35	0.86
Highly important, F5	0.05	0.54	0.91	0.75
Extremely important, F6	0.0	0.02	0.46	0.08

ا

گرچه براساس نتایج به‌دست آمده از رتبه‌بندی اهمیت شاخص‌های ارزیابی این قابلیت وجود دارد تا با استفاده از منطق فازی تاثیر هر یک از شاخص‌های ارزیابی را بر روی رتبه کسب‌شده توسط هر یک از نمونه‌های شاه‌توت تازه و شاه‌توت‌های منجمد ارزیابی نمود. اما باتوجه به این‌که به‌طورکلی انجماد اثر نامطلوبی بر روی شاخص‌های ارزیابی این نمونه‌ها نگذاشته است از بررسی جزئی‌تر نمونه‌ها به تفکیک شاخص‌ها اجتناب گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

۳-۵- نتایج حاصل از بررسی pH آب میوه‌های تازه و منجمد

نتایج حاصل از بررسی pH آب شاه‌توت تازه و منجمد در (شکل ٤) ارائه شده است.

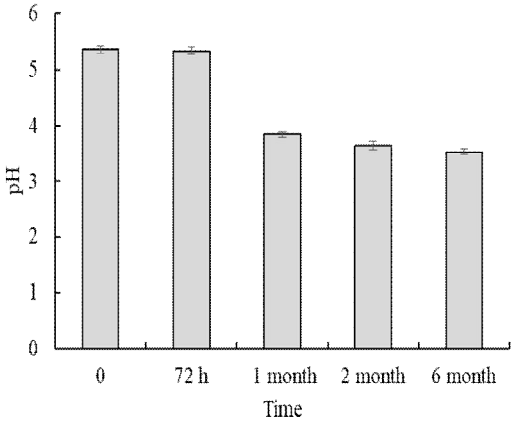

Fig 4 pH of fresh and frozen mulberry juice samples

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد نمونه‌های منجمد در کوتاه‌مدت دچار افت pH معنی‌داری نمی‌شوند اما در دراز مدت و پس از یک ماه، افت pH در نمونه‌ها به‌صورت معنی‌دار دیده می‌شود. جفری و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی پایداری فیزیکی و شیمیایی آب پرتقال خونی هنگام ذخیره‌سازی در سرما، مشاهده کردند که بعد از پنج ماه نگهداری در سرما pH پرتقال خونی از ۳/۷٤ به ۳/۳٤ و pH کنسانتره پرتقال خونی از ۳/۸۱ به ۳/۵۰ کاهش یافت [۲۰]. بارتولومی و همکاران (۱۹۹۵) در یک مطالعه که بر روی نگهداری آناناس در دمای انجماد به مدت ۱۲ ماه انجام دادند، در رابطه با pH اختلاف معنی‌داری مشاهده نکردند. اما اسیدیته نمونه‌ها در طی زمان نگهداری دارای تغییرات معنی‌داری بود و افزایش نشان داد [۲۱]. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی اثر انجماد بر روی توت‌فرنگی انجام شد رولستاد و همکاران نشان دادند که نگهداری توت‌فرنگی به‌صورت منجمد با کاهش معنی‌دار pH و افزایش اسیدیته همراه است. زیرا اسیدیته و pH با هم رابطه عکس داشته و هرچه میزان اسیدهای آلی در یک ماده افزایش یابد، اسیدیته افزایش و pH کاهش می‌یابد و این موضوع به‌دلیل کاهش آب موجود در میوه و در نتیجه افزایش غلظت اسیدهای آلی می‌باشد [۱،۲۲]. این محققین نشان دادند کاهش pH ارتباط معنی‌داری با مطلوبیت رنگ نمونه‌ها نیز دارد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در پژوهش حاضر نیز انجماد نمونه‌های شاه‌توت موجب افزایش مطلوبیت حسی آن‌ها شده است (جدول ٦) که این موضوع می‌تواند به بیشتر شدن مطلوبیت رنگ نمونه‌ها در ارتباط با کاهش pH (شکل ٤) مرتبط باشد.

۳-٦- نتایج حاصل از بررسی اسیدیته آب میوه‌های تازه و منجمد

نتایج حاصل از بررسی اسیدیته آب شاه‌توت تازه و منجمد به روش پتانسیومتری در (شکل ۵) ارائه شده است.

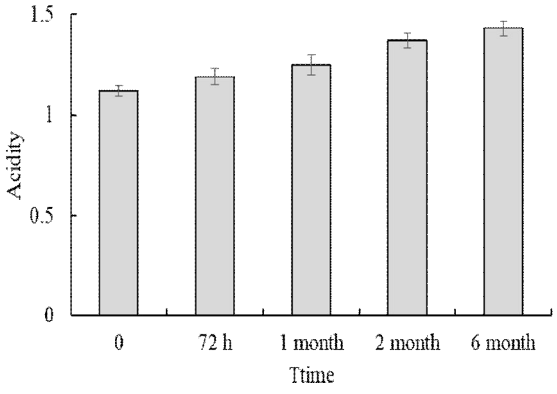

Fig 5 Acidity of fresh and frozen mulberry juice samples

براساس نتایج حاصل از (شکل ۵) می‌توان نتیجه‌گرفت که با انجماد طولانی مدت نمونه‌ها اسیدیته نمونه‌ها افزایش می‌یابد که با توجه به کاهش pH نمونه‌ها که در (شکل ٤) نشان داده شده است منطقی به‌نظر می‌رسد. در هرحال روند افزایش اسیدیته تا مدت شش ماه سیر صعودی در خود داشته و در مقایسه با pH تغییرات آن ثابت نمی‌شود. در پژوهش جفری و همکاران (۲۰۱۷) میزان اسیدیته در آب پرتقال خونی پس از پنج ماه نگهداری در سرما افزایش یافت، که تا حد زیادی با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد [۲۰]. بارتولومی و همکاران (۱۹۹۵) در بررسی روی نگهداری انجمادی آناناس در دمای ۱۸- درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ماه، میزان اسید سیتریک در آناناس‌ها کاهش نشان داد و به‌تبع آن میزان اسیدیته افزایش نشان داد. اما pH نمونه‌ها در طی زمان نگهداری دارای تغییرات معنی‌دار نبود [۲۱]. در یک مطالعه دیگر که بر روی کیفیت رنگ توت‌فرنگی‌های منجمد در طی نه ماه صورت گرفت، با کاهش pH، اسیدیته افزایش نشان داد [۲۲]. در بررسی موجود

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار ($p< 0.05$) pH و افزایش اسیدیته گردید (شکل۵). اگرچه در بررسی حاضر مقدار اسیدهای آلی موجود در نمونه‌ها در طی زمان نگهداری اندازه‌گیری نشد اما براساس گزارشات بالا می‌توان کاهش نسبی pH نمونه‌ها و افزایش همزمان اسیدیته را به افزایش نسبی اسیدهای آلی موجود در نمونه‌های شاه‌توت نسبت داد. به هرحال همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان می‌دهد نگهداری شاه‌توت در شرایط انجمادی می‌تواند تا حدی موجب افزایش مطلوبیت کلی نمونه‌ها گردد که ممکن است این موضوع با افزایش اسیدیته و کاهش pH نمونه‌ها در ارتباط باشد.

۳-۷- نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب شاه‌توت تازه و انجمادی در (شکل ٦) ارائه شده است.

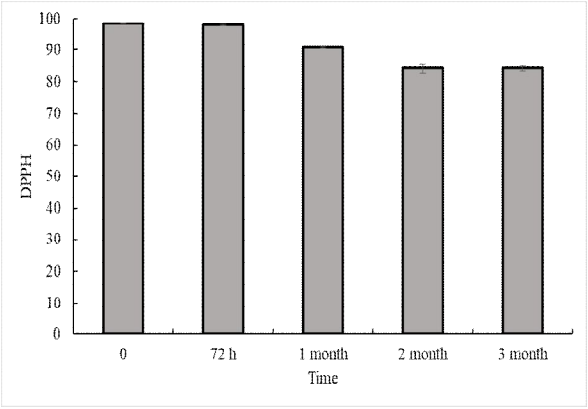

Fig 6 Antioxidant activity of fresh and frozen mulberry juice samples

از آنجا که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنلی هر دو از گروه ترکیبات زیست‌فعال هستند، هر دو روند مشابهی طی نگهداری نمونه‌ها در دمای ۱۸- درجه سلسیوس دنبال کرده‌اند و هر دو از یک کاهش نسبی برخوردار بوده‌اند (شکل ٦). بایچان و همکاران (۲۰۱۳) در مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ذرت شیرین، اسفناج و نخودفرنگی بیان‌کردند که بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه ذرت شیرین بود که طی نگهداری انجمادی از ماه سوم تا دهم کاهش قابل‌توجهی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن مشاهده شد [۲۳]. در یک مطالعه دیگر بر روی بررسی پایداری فیزیکی و شیمیایی آب پرتقال خونی هنگام ذخیره‌سازی در سرما، که توسط جفری و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی پس از سه ماه نگهداری انجمادی کاهش یافت و پس از چهار ماه و پنج ماه نگهداری افزایش نشان داد [۲۰]. پژوهش حاضر تقریبا هم‌سو با گزارش بالا بوده و نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار ($p< 0.05$) فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردید (شکل٦). کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها پس از شش ماه فقط در حدود ١٤/٤٦٪ می‌باشد و از ۹۸/٦۰ ٪ در نمونه شاه‌توت تازه به ۸٤/١٤ ٪ پس از شش ماه رسیده است که چندان بالا نیست و می‌توان انجماد را به‌عنوان یک روش قابل قبول برای نگهداری طولانی مدت میوه شاه‌توت پیشنهاد نمود.

۳-۸- نتایج آزمون ارزیابی فنل کل نمونه ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری محتوای فنل کل آب شاه‌توت تازه و انجمادی در (شکل۷) ارائه شده است.

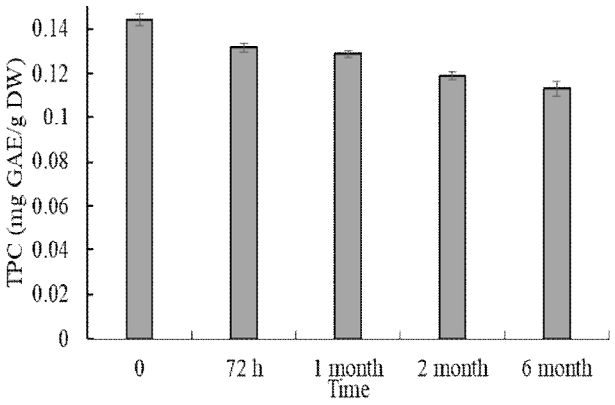

Fig 7 Phenolic contents of fresh and frozen mulberry juice samples (GAE: Gallic acid equivalent)

نتایج حاصل از بررسی فنل کل نمونه‌های شاه‌توت بیانگر یک کاهش نسبی در طی زمان نگهداری است که باتوجه به کاهش نسبی فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاملا قابل پیش‌بینی می‌باشد. چرا که قسمت عمده فعالیت آنتی‌اکسیدانی شاه‌توت مربوط به ترکیبات فنلی این محصول است. در مطالعه‌ای که توسط ساریبورون و همکاران (۲۰۱۰) صورت گرفت، بیشترین کاهش در میزان اسید فسفوهیدروکسی بنزوئیک اسید و کمترین کاهش در محتوای اسید کافئیک در ارقام تمشک مشاهده شد و اسید فریلیک نیز پس از ذخیره‌سازی به مدت ٦ ماه به میزان قابل‌توجهی در توت سیاه کاهش یافت [٢٤]. سیتیهترای و همکاران (۲۰۱٦) نیز مشاهده کردند طی یک ماه نگهداری ذرت میزان ترکیبات فنلی افزایش و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

سپس تا ماه ششم کاهش یافت [۲۵]. شاید بتوان افزایش اولیه ترکیبات فنلی طی نگهداری انجمادی در پژوهش این محققین را به افت آب بیشتر در ماه اول نسبت داد. هم‌چنین تشکیل کریستال‌های یخ با کاهش آب پراکنده موجود در محیط درونی سبزیجات می‌تواند منجر به افزایش غلظت این ترکیبات در دانه‌ها شود. گزارشات دیگری مبنی بر کاهش این ترکیبات طی نگهداری در حالت انجماد در اسفناج، ذرت شیرین، نخودفرنگی، آب انار و همچنین اسفناج وجود دارد [۲۶]. بایچان و همکاران نیز (۲۰۱۳) گزارش کردند ترکیبات فنلی کل ذرت شیرین طی نگهداری در دمای انجماد در ماه اول تا ۲۰ درصد افزایش و سپس کاهش یافت و دلیل آن را با افت آب مرتبط دانستند [۲۳]. چووانالاکیت و رولستاد (۲۰۰٤)، با یک مطالعه بر روی آنتوسیانین و ترکیب پلی فنولیک آلبالو تازه و فرآوری شده دریافتند که آلبالو شیرین کاهش قابل‌توجهی از محتوای فنل کل و آنتوسیانین را در ذخیره‌سازی در دمای ۲۳- درجه سلسیوس پس از ٦ ماه در مقایسه با ذخیره‌سازی در ۷۰- درجه سلسیوس نشان داد و دلیل آن را فعالیت آنزیمی پلی فنل اکسیداز دانستند [۲۷]. در یک مطالعه دیگر توسط سیبیس و میتیک (۲۰۰۷) کاهش ۵۹٪ سطح آنتوسیانین و سایر ترکیبات فنلی در طی نگهداری ٦ ماهه در دمای ۲۰- درجه سلسیوس بلوبری، مشاهده گردید[۲۸]. در پژوهش حاضر نیز هم‌جهت با گزارش‌های ذکرشده نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار ($p<0.05$) ترکیبات فنلی گردید (شکل ۷) که باتوجه به گزارشات ذکرشده می‌توان کاهش نسبی میزان قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها را به کاهش ترکیبات فنلی در نمونه‌های شاه‌توت نسبت داد. از طرف دیگر تنش سرمایی باعث تخریب ترکیبات پروتئینی و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و هم‌چنین کاهش ویتامین‌های میوه‌جات و در نتیجه کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها می‌گردد [۱]. به هرحال همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان می‌دهد نگهداری شاه‌توت در شرایط انجمادی می‌تواند تا حدی موجب افزایش مطلوبیت کلی نمونه‌ها گردد که ممکن است این موضوع با کاهش آب و کاهش اسیدهای آلی نمونه‌ها در ارتباط باشد.

٤-نتیجه‌گیری

منطق فازی به‌عنوان یک روش کارآمد قابل استفاده برای تحلیل نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها به روش هدونیک می‌باشد. ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان می‌دهد نگهداری شاه‌توت در شرایط انجمادی می‌تواند تا حدی موجب افزایش مطلوبیت حسی نمونه‌ها گردد که ممکن است این موضوع با کاهش آب و افزایش اسیدهای آلی نمونه‌ها در ارتباط باشد. نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار($p< 0.05$) pH و افزایش اسیدیته گردید. از طرف دیگر کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها پس از شش ماه فقط در حدود ۱٤/٤٦٪ می‌باشد و چندان بالا نیست. هم‌چنین یک روند کاهشی معنی‌دار ($p< 0.05$) ترکیبات فنلی با نگهداری میوه شاه‌توت در فریزر به مدت شش ماه مشاهده شد، و می‌توان انجماد را به‌عنوان یک روش قابل قبول برای نگهداری طولانی مدت میوه شاه‌توت پیشنهاد نمود.

۵- منابع

[1] Veberic, R., Stampar, F., Schmitzer, V., Cunja, V., Zupan, A., Koron, D., and Mikulic-Petkovsek, M.;2014; Changes in the contents of anthocyanins and other compounds in blackberry fruits due to freezing and long-term ffrozen storage , J. Agric. Food Chem, 62(29), 6926-6935.

[2] Sameca, D., and Piljac-Zegaraca, J.; 2014; Fluctuations in the levels of antioxidant compounds and antioxidant capacity of ten small fruits during one year of frozen storage. International Journal of Food Properties, 18(1), 21-32.

[3] Shaviklo, A.; 2018; Analyses of sensory evaluation data using Principal Component Analysis (PCA). Food Science and Technology, 15(80), 361-377.

[4] Shinde, K.J., and Pardeshi, I.L.; 2014; Fuzzy Logic Model for Sensory Evaluation of Commercially Available Jam Samples, Journal of Ready to Eat Food, 1(2), 78-84.

[5] Kosko, B.; 1994; Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic, Harpercollins Pub Ltd, 336.

[6] Waris, S., and Ahmad, Z,; 2011; Application of fuzzy logic in academic setup, 367-376.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

[7] Celli, G., Ghanem, A., and M.S-L, Brooks.; 2016; Influence of freezing process and frozen storage on the quality of fruits and fruit products. Food Reviews International, 32(3), 280-304.
[8] Ameh, B.A., Gernah, D.I., Obioha, O., Ekuli, G.K.; 2015; Production, Quality Evaluation and Sensory Acceptability of Mixed Fruit Juice from Pawpaw and Lime. Food and Nutrition Sciences, 06(05):532-537.
[9] Gramza-Michałowska, A., et al., Phenolic compounds and multivariate analysis of antiradical properties of red fruits. Journal of Food Measurement and Characterization, 2019. 13(3): p. 1739-1747.
[10] Abdul Malek, S.N.A., Haron, H., Wan Mustapha, W.A., and Shahar, S.; 2017; Physicochemical Properties, Total Phenolic and Antioxidant Activity of Mixed Tropical Fruit Juice, TP 3 in 1TM, Journal of Agricultural Science, (9)13, 50-61.
[11] Mgaya-Kilima, B., Remberg, S.F., Chove, B.E., Wicklund, T.; 2014; Influence of storage temperature and time on the physicochemical and bioactive properties of roselle-fruit juice blends in plastic bottle. food Science & Nuntrition, 2(2), 181– 191.
[12] Vivek, K., et al., 2020; Application of Fuzzy Logic in Sensory Evaluation of Food Products: a Comprehensive Study. Food and Bioprocess Technology. 13(1): p. 1-29.
[13] Tahsiri, Z., Niakousari, M., Khoshnoudi Nia, S., Hosseini, S.M.H.; 2016; Sensory evaluation of selected formulated milk barberry drinks using the fuzzy approach. Food Science and Nutririon, 5:739–749.
[14] Sinija, V., and Mishra, H.; 2011; Fuzzy Analysis of Sensory Data for Quality Evaluation and Ranking of Instant Green Tea Powder and Granules, Food and bioprocess technology, 4: 408–416.
[15] Federation, B.F.F., 2009. Sensory Comparison of Frozen Food and Fresh Food. Conjunction with the Manchester Food Research Centre.
[16] Bulut, M., Bayer, Ö., Kırtıl, E., Bayındırlı, A.; 2018; Effect of freezing rate and storage on the texture and quality parameters of strawberry and green bean frozen in home type freezer, International Journal of Refrigeration, 88, 360-369.
[17] Singh, R.P., and Heldman, D.R.; 2009; Introduction to Food Engineering 4th edition, Academic Press, London.
[18] Das., H. 2005; Food Processing Operations Analysis. Asian Books Private Limited.
[19] Carbonell, L., Bayarri, S., Navarro, J.L., Carbonell, I., Izquierdo, L., 2009; Sensory profile and acceptability of juices from mandarin varieties and hybrids. Food Science and Technology International. 15(4).
[20] Giuffrè, M.A., Zappia, C., and Capocasale, M.; 2017; Physicochemical stability of blood orange juice during frozen storage. International journal of food properties, 20(2), 1930-1943.
[21] Bartolome, A.P., Ruperez, P., and Fuster, C.; 1996; Non-Volatile Organic Acids, pH and Titratable Acidity Changes in Pineapple Fruit Slices During Frozen Storage, Journal of the Science of Food and Agriculture, 70(4), 475 - 480.
[22] Wrolstad, R.E., Putnam, T.P., and Varseveld, G.W.; 1970; Color Quality of Frozen Strawberries: Effect of Anthocyanin, pH, Total Acidity and Ascorbic Acid Variability, Journal of Food Science, 35(4),448 - 452.
[23] Bajčan, D., Tomáš, J., Uhlířová, G., Árvay, J., Trebichalský, P., Stanovič, R., Šimanský, V.; 2013; Antioxidant Potential of Spinach, Peas, and Sweetcorn in Relation to Freezing Period. Food Sciences, 31(6),613-618.
[24] Sariburun, E., Şahin, S., Demir, C., Turkben, C., Uylaser, V.; 2010; Phenolic content and antioxidant activity of raspberry and blackberry cultivars, Journal of Food Science, 75(4),C328-35.
[25] Sitthitrai, K., Lertrat, K., and Tangwongchai, R.; 2016; Effects of domestic cooking on enzyme activities, bioactives and antioxidant capacities in mini-ear supersweet corn, International Food Research Journal, 23(4), 1564-1575.
[26] Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhé, R., Camp, J.V.; 2008; Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (Spinacia oleracea L.), Food Chemistry, 108(2),649-656.
[27] Chaovanalikit, A., and Wrolstad, R.E.; 2008; Anthocyanin and Polyphenolic Composition of Fresh and Processed Cherries. Food Science, 69(1), 73-83.
[28] Ścibisz, I., and Mitek, M.; 2007; Antioxidant Properties of Highbush Blueberry Fruit Cultivars, Food Science and Technology, 10(4),34.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

Sensory evaluation using fuzzy logic model and evaluation of physicochemical properties, antioxidant activity and total phenol of fruit juice prepared from mulberry during frozen storage

Aryaee, H. [1], Zare, D. [2*], Ariaee, P. [3], Mirdamadi, S. [4], Naghizadeh Raeisi, Sh. [5]

1. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Amol.
2. Assistant Professor, Department of Biotechnology, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Amol.
4. Professor, Department of Medical Biotechnology, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran.
5. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Amol.

(Received: 2020/05/16 Accepted: 2020/07/19)

Mulberry is a fruit that has a considerable acceptance among consumers. The short harvest season and low persistence of this fruit have led to the use of methods such as freezing that have the least effect on phenolic compounds and antioxidant properties and sensory properties of the mulberry. One of the problems of sensory evaluation is the non-parametric results of the answers and the low accuracy of their analysis. Today, methods such as fuzzy logic allow inaccurate parameters to be analyzed by mathematical methods. In the present study, mulberry was stored in a freezer at -18 °C for six months and removed from the freezer at 0, 72 h, one month, two months and six months. After juice making, the sensory evaluation was performed using five-point hedonic method and the data were analyzed using fuzzy logic methodology, while attributes were color, aroma, taste, and feel mouth. Also, pH, acidity, antioxidant activity and total phenol content were evaluated. Sensory evaluation of the samples showed that the freezing of the mulberry increased the overall suitability of the samples in 72 hours and did not show a decrease in sensory properties during 6 months. Panelists assessed the importance of sensory attributes including taste, mouthfeel, fragrance, and color, as well. Although, sensory evaluation did not decrease the sensory of juice, significant decrease of pH (19.83%), increase in acidity (0.31%) and a decrease in antioxidant activity (about 14%) and phenolic compounds (about 21%) during freezing was observed. According to the obtained results, freezing can be suggested as an acceptable method for long storage of mulberry fruit.

Key words: Mulberry, Freezing, Sensory evaluation, Fuzzy logic, Antioxidant.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-14]

[DOI: 10.52547/fsct.17.106.47]

* Corresponding Author E-Mail Address: Zare@irost.ir