

علمی پژوهشی

## ارزیابی حسی با استفاده از روش منطق فازی و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، فعالیت آنتی اکسیدانی و فنل کل در آب میوه حاصل از شاهتوت نگهداری شده به روش انجمادی

حدیث آریایی<sup>۱</sup>، داود زارع<sup>۲\*</sup>، پیمان آریایی<sup>۳</sup>، سعید میردامادی<sup>۴</sup>، شهرام نقی زاده رئیسی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، آمل

۲- استادیار گروه بیوتکنولوژی، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، تهران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، آمل

۴- استاد گروه زیست فناوری پزشکی، سازمان پژوهش های 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: ۹۹/۰۴/۲۸)

### چکیده

شاهتوت میوه ای است که پذیرش قابل توجهی در بین مصرف کنندگان دارد. فصل برداشت کوتاه و ماندگاری پایین این میوه باعث شده از روش هایی هم چون انجماد که حداقل تاثیر را بر ترکیبات فنلی و خواص آنتی اکسیدانی و خواص حسی شاهتوت می گذارد استفاده شود. از مشکلات ارزیابی حسی غیر پارامتریک بودن نتایج پاسخ ها و صحت پایین تحلیل آن ها است. امروزه روش هایی مانند منطق فازی اجازه می دهد مولفه های غیر دقیق با روش های ریاضی تجزیه و تحلیل گردد. در این بررسی به مدت شش ماه، میوه شاهتوت در شرایط انجماد ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری و در زمان های ۰، ۷۲ ساعت، یک ماه، دو ماه و شش ماه، از شرایط انجمادی خارج و پس از آب گیری با استفاده از روش هدونیک پنج نقطه ای ارزیابی حسی گردید و با استفاده از منطق فازی داده ها تحلیل شد. شاخص های مورد ارزیابی شامل رنگ، عطر و بو، طعم و احساس دهانی بود. همچنین pH، اسیدیته، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان فنل کل نمونه ها اندازه گیری و مورد مقایسه قرار گرفت. ارزیابی حسی نمونه ها نشان داد که نگهداری انجمادی شاهتوت موجب افزایش مطلوبیت کلی نمونه ها در ۷۲ ساعت گردید. همچنین ارزیابان اهمیت شاخص های ارزیابی را به ترتیب اهمیت طعم، احساس دهانی، عطر و بو و رنگ عنوان نمودند. نمونه های شاهتوت در طی نگهداری انجمادی دچار کاهش pH (۱۹/۸۳٪) و افزایش اسیدیته (۰/۳۱٪) و کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی (حدود ۱۴٪) و ترکیبات فنلی (حدود ۲۱٪) گردید. با توجه به نتایج به دست آمده می توان انجماد را به عنوان 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

## ۱- مقدمه

شاهتوت یک میوه بسیار محبوب در ایران است که از پذیرش قابل توجهی در بین مصرف‌کنندگان برخوردار است و به دلیل 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<sup>۱</sup> شناخته می‌شود [۱] و رنگ سیاه و تیره این میوه به ترکیبات متنوع آنتوسیانینی بر می‌گردد. به دلیل فصل کوتاه برداشت معمولاً روش‌های خشک کردن، 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 تأثیر را بر روی ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی شاهتوت می‌گذارد شناخته شده است [۱]. معمولاً انجماد تأثیر کمی بر تغییر خواص مواد غذایی دارد. اما به هرحال عمل انجماد تقریباً 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 تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل پژوهش‌های فراوانی در زمینه تأثیر نگهداری به صورت منجمد بر میوه‌ها در طولانی مدت انجام پذیرفته است [۲]. ارزیابی حسی نقش مهمی در توسعه 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. به طوری که 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 معمولاً 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 معمولاً 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 معمولاً 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<sup>۲</sup> 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 [۴]. در واقع در این روش نتایج مبهم ارزیابی حسی به طور مشخص

1. Ellagitannin

2. Principal component analysis

## ۲-۴- آماده سازی محصول منجمد شده به منظور

### ارزیابی حسی

به منظور تهیه میوه ها هربار به صورت تصادفی یک بسته از هریک از نمونه های شاه توت منجمد شده از فریزر خارج شده و سپس در دمای محیط نگهداری شد تا کاملاً ذوب شوند. سپس با آب میوه گیر تفال (مدل ZE-350)، آب گیری شد و آب میوه از صافی رد شد و تفاله آن گرفته شد.

## ۲-۵- ارزیابی حسی به روش هدونیک

ارزیابی حسی بر اساس ارزیابی پنج نقطه ای هدونیک طراحی شد. ارزیاب ها ۲۳ نفر شامل ۱۲ مرد و ۱۱ زن در سن بین ۲۰ الی ۵۵ سال بودند. میوه ها به صورت تازه و منجمد، آب گیری شدند و جهت ارزیابی به ارزیاب ها ارائه شدند و این افراد مزه و طعم، بو، رنگ، احساس دهانی و پذیرش کلی را بررسی کردند و براساس مقیاس هدونیک پنج نقطه ای امتیاز دادند. امتیاز ۱ بسیار بد، ۲ بد، ۳ متوسط، ۴ خوب و امتیاز ۵ بسیار خوب در نظر گرفته شد. همچنین از ارزیاب ها درخواست شد تا در قالب یک فرم از پیش تهیه شده درجه اهمیت هر یک از شاخص های رنگ، بو، مزه و احساس دهانی را از یک تا پنج مشخص کنند و امتیاز ۱ بی اهمیت، ۲ کم اهمیت، ۳ متوسط، ۴ با اهمیت و ۵ بسیار با اهمیت در نظر گرفته شد [۸].

## ۲-۶- بررسی خواص آنتی اکسیدانی

ابتدا یک محلول ۰/۰۰۴٪ از DPPH در متانول در یک بالن ژوژه تهیه گردید. محلول DPPH (۸۰۰ میکرولیتر) و آب میوه (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، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میکرولیتر از آب میوه با متانول به حجم ۱۰۰۰ میکرولیتر رسانده شدند. سپس از هر غلظت از محلول های تهیه شده ۲۰۰ میکرولیتر برداشته شد و با ۸۰۰ میکرولیتر محلول DPPH مخلوط گردید. همچنین برای تهیه شاهد از هر غلظت از آب میوه ها ۲۰۰ میکرولیتر برداشته شده و با ۸۰۰ میکرولیتر متانول مخلوط شد. سپس محلول های ساخته شده ۶۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و جذب نمونه ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل

امتیاز گذاری شده و تبدیل به امتیازهای شفاف می گردد. در تئوری منطق فازی بر خلاف تئوری های 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 نمی شود 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 می شود [۶].

بنابراین هدف از اجرای این تحقیق ارائه یک روش مناسب و قابل اطمینان با منطق فازی برای ارزیابی حسی شاه توت به عنوان یک محصول گیاهی با ماندگاری پایین در طی نگهداری به روش انجماد و بررسی پایداری خواص آنتی اکسیدانی این محصول می باشد.

## ۲-۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد شیمیایی مورد استفاده

DPPH از شرکت سیگما، اسید گالیک از شرکت Unichem، متانول از شرکت های 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 میوه ها

شاه توت های درشت و رسیده از رقم (*Morus nigra*) که از باغ های اطراف شهریار چیده شده بود و کمتر از ۲۴ ساعت از برداشت آن ها می گذشت، پس از بررسی تخصصی و اطمینان از تازگی و رسیدگی آن ها از بازار تجریش تهران خریداری شدند.

### ۲-۳- شرایط منجمد کردن و نحوه نگهداری

در ابتدا شاه توت های تازه خریداری شده، شستشو داده شد و پس از این که سطوح آن ها توسط پارچه های رطوبت گیر، رطوبت گیری شد و در شش ظرف ۱۰۰ گرمی مخصوص بسته بندی انجمادی بسته بندی شد و در دمای  $18 \pm 2$  - درجه سلسیوس در فریزر ایستکول (مدل TM-959-95) به مدت شش ماه نگهداری شدند [۷].

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.

## ۹-۲- تحلیل‌های آماری

۹-۲-۱- تحلیل نتایج ارزیابی حسی به روش منطق فازی  
به‌منظور تحلیل داده‌های به‌دست آمده از ارزیابی حسی از روش منطق فازی استفاده شد. برای این کار 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].

۹-۲-۱-۱- 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 اصطلاحاً الگوی معادله توزیع عضویت مثلثی نامیده می‌شود با یک سری سه شماره‌ای به نام سه‌گانه به دست آمد که در (شکل ۱) نشان داده شده 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 داده شده است.

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)

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

% inhibition: درصد مهار

Abs sample: جذب نمونه

Abs blank: جذب شاهد

Abs Control: جذب کنترل

## ۷-۲- اندازه‌گیری فنل کل

برای آماده‌سازی نمونه‌ها مقدار ۲۰ میکرولیتر آب‌میوه با ۱۵۸۰ میکرولیتر آب مقطر رقیق شد و از نمونه رقیق شده ۲۰۰ میکرولیتر برداشته شد و با ۲۰۰ میکرولیتر محلول فولین سیوکالتوی رقیق‌شده مخلوط گردید و به مدت 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.

## ۸-۲- اندازه‌گیری اسیدیته و pH (آنالیز

فیزیکوشیمیایی)

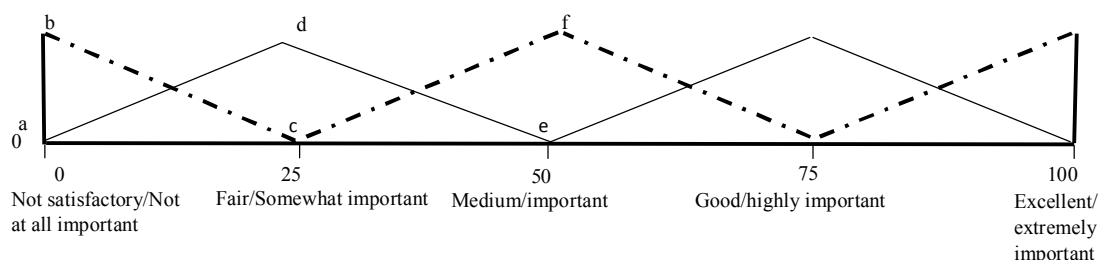


Fig 1 Triplet of five points hedonic sensory evaluation

(جدول ۱) نیز همین سه گانه‌ها 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

۲-۱-۹-۲- محاسبه سه گانه‌های شاخص‌های رنگ، بو، مزه و ارزیابی حسی برای هریک از نمونه‌ها سه گانه‌های مربوط به هر یک از شاخص‌ها از جمع امتیاز ارزیابی حسی به شکل جدول با استفاده از الگوی ارائه شده و براساس نتایج به دست آمده از (۲) محاسبه شد.

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

Sensory factors	NO. of evaluators					Triplets for sensory
	Excellent	Good	Medium	Fair	Not satisfactory	
<b>Colour</b>						
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)
<b>Aroma</b>						
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)
<b>Taste</b>						
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)
<b>Mouthfeel</b>						
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)

پنج نفر متوسط، ۱۳ نفر خوب، و پنج نفر امتیاز خیلی خوب به نمونه داده باشند به شکل معادله (۲) محاسبه می‌گردد.

Equation (2)

$$SIC = \frac{0(0025) + 0(252525) + 5(502525) + 13(752525) + 5(100250)}{(0+0+5+13+5)}$$

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

برای انجام این کار تعداد افرادی که به هر یک از حالت‌های (جدول ۱) امتیاز داده بودند طبق معادله (۲) زیر در سه گانه مربوط به خود ضرب شدند و سپس این سه گانه‌ها 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،

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 به کار 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 این کار 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) به دست آمد.

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

Sensory factors	NO. of evaluators					Triplet for sensory	Triplet for relative weightage
	Not important	Somewhat impotrant	Important	Highly important	Extremely important		
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 تجميع شده از هر چهار شاخص رنگ، بو، طعم و احساس دهانی براساس وزن نسبی اهمیت

از آن‌جا که هدف از این کار رتبه‌بندی نمونه‌ها به صورت 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 به دست آمده برای همه شاخص‌ها به دست 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  $S_1M$  به ترتیب 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. به همین ترتیب

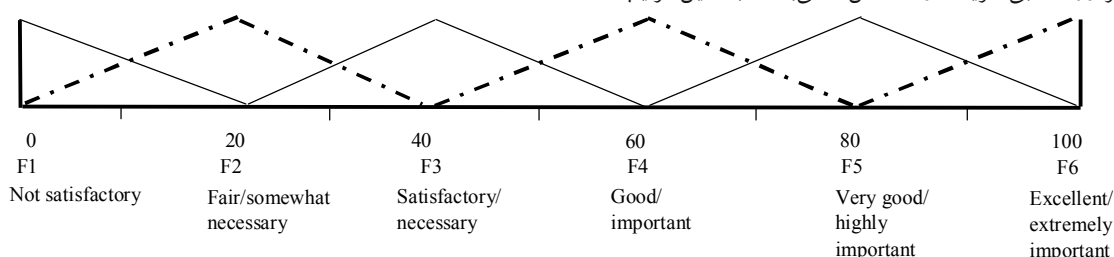
و با همین معادله امتیاز کلی برای همه نمونه‌ها محاسبه گردید. لازم به ذکر است برای ضرب سه‌گانه‌ها در یکدیگر لازم است تا از روش ضرب توابع که به شکل معادله (۴) انجام می‌شود استفاده نمود. در نمودار زیر ضرب ساده سه‌گانه‌های (abc) در (def) نشان داده شده است.

Equation (4)

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

۲-۹-۱-۴- ایجاد الگوی استاندارد فازی

برای استانداردسازی داده‌هایی که تا این مرحله به دست آمده است لازم است تا یک الگوی استاندارد فازی ایجاد شود تا نتایج محاسبات تا این مرحله با آن مقایسه شود. برای این کار 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

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 از افقی معادله عضویت  $B_x$  به شکل معادله (۶) نشان داده می‌شود.

Equation (6)

$$B_x = \frac{x - (a - b)}{b}$$

For  $(a-b) < x < a$ 

$$B_x = \frac{(a + b) - x}{c}$$

For  $a < x < (a+c)$ 

$$B_x = 0$$

For  $x < (a-b)$  and  $x > (a+c)$ 

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) تهیه شد.

Equation (5)

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

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

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

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

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

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

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

مقیاس فازی استاندارد

نحوه محاسبه میزان عضویت در (شکل ۳) به صورت گرافیکی

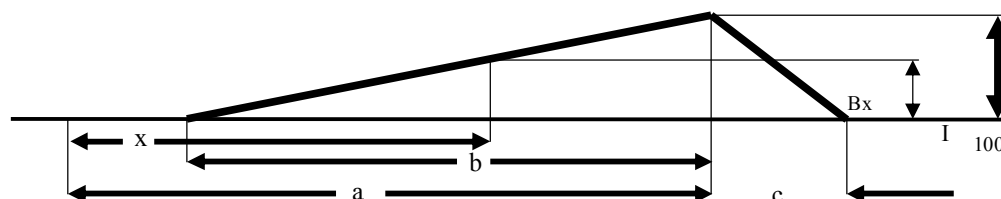


Fig 3 Graphical explanation for calculation of  $B_x$  in equation (6)

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)

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

در این معادله  $Sm$  میزان اشتراک برای نمونه است و  $F \times B'$  محصول ماتریکس  $F$  با معکوس ماتریکس  $B'$ ،  $F \times F'$  محصول ماتریکس  $F$  با معکوس  $F$  و  $B \times B'$  محصول ماتریکس  $B$  با معکوس  $B$  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

لذا برای هریک از نمونه‌ها و سه‌گانه‌های آن اعداد معادله‌ی عضویت برای  $B_x$  به ازای مقادیر برابر با ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، 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  $B_x$  برای  $0 < x < 10$ ,  $10 < x < 20$ ,  $20 < x < 30$ ,  $30 < x < 40$ ,  $40 < x < 50$ ,  $50 < x < 60$ ,  $60 < x < 70$ ,  $70 < x < 80$ ,  $80 < x < 90$  و  $90 < x < 100$  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، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۹-۱-۶- 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

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 به کار گرفته شد. برای این کار با استفاده از امتیازهای ارزیاب‌ها سه گانه‌هایی برای چهار صفت کیفی ایجاد و میزان اشتراک آن با الگوی فازی استاندارد محاسبه شد. با مقایسه میزان اشتراک برای هر یک از چهار معیار کیفی (شامل رنگ، بو، مزه و احساس دهانی)، دسته‌ی دارای بیشترین اشتراک به دست آمد. دسته‌ها شامل غیر مهم، مهم و ... بودند و بیشترین اشتراک به عنوان 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 انجام شد و داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش شد. نرم‌افزار مورد استفاده مینی‌تب (نسخه ۱۶)، بود و تمام داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  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 به طور کلی آب شاه‌توت به عنوان یک آب‌میوه پرفرودار با پذیرش کلی بالا در نظر گرفته می‌شود. این موضوع در مورد رنگ نسبت به سه شاخص دیگر به صورت

واضح‌تری دیده می‌شود. اما به هر حال تحلیل داده‌های ارزیابی حسی نیاز به استفاده از روش‌های تحلیلی مناسب دارد. به همین 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) به صورت سه گانه‌های 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 میثرا (۲۰۱۱) نشان دادند که اهمیت رنگ در مقایسه با عطر و بو و طعم برای ارزیابان حسی در مورد چای طبیعی کمتر است [۱۴]. 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 به گونه‌ای در تحلیل ارزیابی نمونه‌ها اعمال گردد. نتایج امتیاز اهمیت شاخص‌ها در (جدول ۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد هر چهار شاخص رنگ، عطر و بو، طعم و احساس دهانی از نظر ارزیاب‌ها دارای اهمیت بالایی هستند. در هر حال برای تحلیل نتایج اهمیت شاخص‌ها به شکل مرحله قبل سه گانه‌هایی ایجاد گردید و این سه گانه‌های اهمیت در سه گانه‌های (جدول ۲) ضرب گردید که نتایج آن در (جدول ۳) نشان داده شده است.

#### ۳-۲- نتایج حاصل از سه گانه‌های 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 ۴) نشان داده شده 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)



است. نتایج نهایی اعمال مقیاس فازی استاندارد نیز پس از محاسبه ضریب  $B_x$  در (جدول ۶) نشان داده شده است.

حال لازم است تا ضرایب  $B_x$  محاسبه گردد. این ضرایب که طبق معادله‌های (۶) محاسبه شده است در (جدول ۵) نشان داده شده

**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)	0	0	0.003198	0.202203	0.401208	0.600213	0.799218	0.998223	1	0.340463

به نوع تازه آن‌ها دچار افت شده و کاهش نسبی نشان داد [۱۶]. پاول سینگ (۲۰۰۹) علت اصلی تغییر رنگ در سبزی و میوه منجمد در طول زمان ذخیره‌سازی انجمادی را محوشدن ترکیبات رنگ طبیعی به دلیل تغییر در کلروفیل‌ها و از بین رفتن 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 بوده است و شاید به همین دلیل بافت مستقیم میوه که شاخص تاثیرگذاری در ارزیابی حسی است موجب کاهش ارزش حسی نمونه‌ها نشده است.

### ۳-۳- نتایج حاصل از رتبه‌بندی نهایی نمونه‌ها

رتبه‌بندی نهایی نمونه‌های شاه‌توت تازه و شاه‌توت‌های منجمد براساس امتیاز فازی در (جدول ۶) نشان داده شده است. 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 زغال‌آخته 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

**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

## ۳-۴- 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 داده شده 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 داده شده 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 می‌توان 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 شده است. 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 کاملاً متفاوت است.

Table 7 Similarity 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

۱

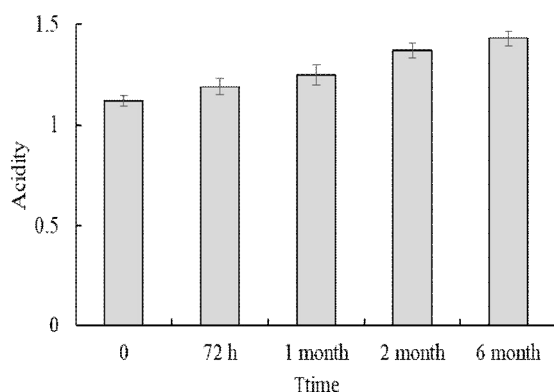
شاه‌توت‌های منجمد ارزیابی نمود. اما باتوجه به این که به‌طورکلی انجماد اثر نامطلوبی بر روی شاخص‌های ارزیابی این نمونه‌ها نگذاشته است از بررسی جزئی‌تر نمونه‌ها به تفکیک شاخص‌ها اجتناب گردید.

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

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در پژوهش حاضر نیز انجماد نمونه‌های شاه‌توت موجب افزایش مطلوبیت حسی آن‌ها شده است (جدول ۶) که این موضوع می‌تواند به بیشتر شدن مطلوبیت رنگ نمونه‌ها در ارتباط با کاهش pH (شکل ۴) مرتبط باشد.

### ۳-۶- 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.

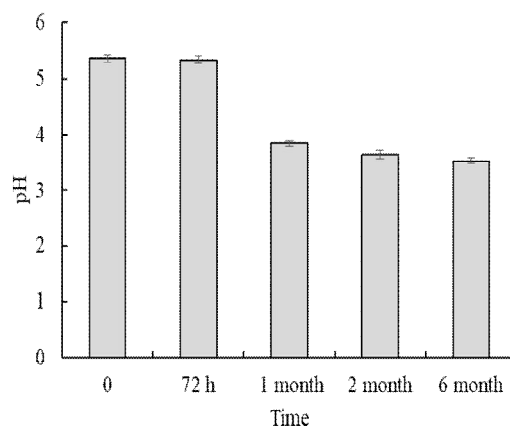


**Fig 5** Acidity of fresh and frozen mulberry juice samples

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 ۴) نشان داده شده است منطقی به نظر می‌رسد. در هر حال 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 به تبع 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

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

نتایج حاصل از بررسی pH آب شاه‌توت تازه و منجمد در (شکل ۴) ارائه شده است.



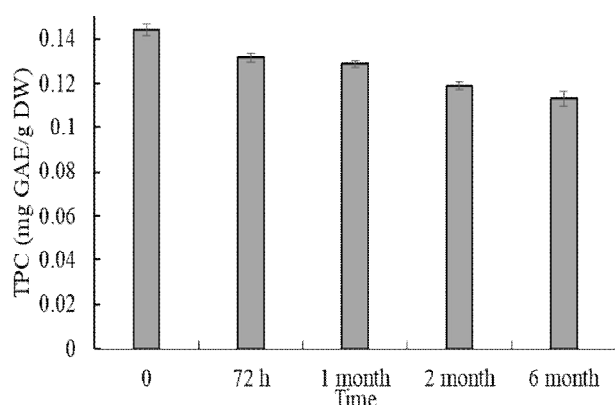
**Fig 4** pH of fresh and frozen mulberry juice samples

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 به صورت 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 ۳/۷۴ به ۳/۳۴ 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 به منظور بررسی اثر انجماد بر روی توت‌فرنگی انجام شد رولستاد و همکاران نشان دادند که نگهداری توت‌فرنگی به صورت 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 به دلیل 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.

آنتی‌اکسیدانی پس از سه ماه نگهداری انجمادی کاهش یافت و پس از چهار ماه و پنج ماه نگهداری افزایش نشان داد [۲۰]. پژوهش حاضر تقریباً هم‌سو با گزارش بالا بوده و نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردید (شکل ۶). کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها پس از شش ماه فقط در حدود ۱۴/۴۶٪ می‌باشد و از ۹۸/۶۰٪ در نمونه شاه‌توت تازه به ۸۴/۱۴٪ 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 نمونه‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری محتوای فنل کل آب شاه‌توت تازه و انجمادی در (شکل ۷) ارائه شده است.



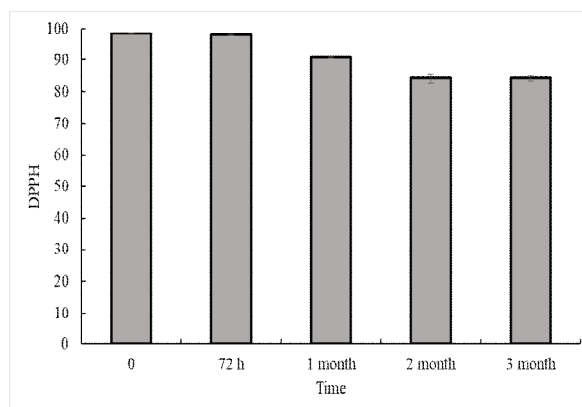
**Fig 7** Phenolic contents of fresh and frozen mulberry juice samples (GAE: Gallic acid equivalent)

نتایج حاصل از بررسی فنل کل نمونه‌های شاه‌توت بیانگر یک کاهش نسبی در طی زمان نگهداری است که باتوجه به کاهش نسبی فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاملاً 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 ۶ ماه به میزان قابل‌توجهی در توت سیاه کاهش یافت [۲۴]. سیتیه‌ترای و همکاران (۲۰۱۶) نیز مشاهده کردند طی یک ماه نگهداری ذرت میزان ترکیبات فنلی افزایش

نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) pH و افزایش اسیدیته گردید (شکل ۵). 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 هر حال 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 ۶) 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 ۶). بایچان و همکاران (۲۰۱۳) در مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ذرت شیرین، اسفناج و نخودفرنگی بیان کردند 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

## ۴- نتیجه گیری

منطق فازی به عنوان 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 ( $p < 0.05$ ) و افزایش اسیدیته گردید. از طرف دیگر کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها پس از شش ماه فقط در حدود ۱۴/۴۶٪ 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 به عنوان 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 frozen 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.

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]. چووانالاکیث و رولستاد (۲۰۰۴)، با یک مطالعه بر روی آنتوسیانین و ترکیب پلی فنولیک آلبالو تازه و فرآوری شده دریافتند که آلبالو شیرین کاهش قابل توجهی از محتوای فنل کل و آنتوسیانین را در ذخیره‌سازی در دمای ۲۳- درجه سلسیوس پس از ۶ 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 ۶ ماهه در دمای ۲۰- درجه سلسیوس بلوبری، مشاهده گردید [۲۸]. در پژوهش حاضر نیز هم‌جهت با گزارش‌های ذکر شده نمونه‌های شاه‌توت در طی نگهداری در فریزر دچار کاهش معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) ترکیبات فنلی گردید (شکل ۷) که باتوجه به گزارشات ذکر شده 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.

- [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] Sitthitirai, 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.
- [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 ITM, 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 & Nutrition, 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 Nutrition, 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.

## 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. <sup>1</sup>, Zare, D. <sup>2\*</sup>, Ariaee, P. <sup>3</sup>, Mirdamadi, S. <sup>4</sup>, Naghizadeh Raeisi, Sh. <sup>5</sup>

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.

---

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