Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Study on the amounts of Total Phenol, Vitamin C and Antioxidant Properties of Functional Yogurt Containing Bell Pepper Extract during Storage Period

Hossein Jooyandeh[1*], Behrooz Alizadeh Behbahani[2], Mohammad Amin Mehrnia[2]

1 Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: hosjooy@asnrukh.ac.ir

2 Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-8-17
Revised: 2023-12-7
Accepted: 2024-1-6

Keywords:
Set yogurt
Concentrated bell pepper extract
DPPH radical scavenging activity
ABTS

ABSTRACT

Background and objectives: Nowadays, the demand for low-fat food products, such as cheese, has increased due to the increase in people's awareness about the relationship between fat and cardiovascular diseases. Therefore, the production of low-fat cheese with acceptable quality for consumers has great importance. The present study was conducted to investigate the effect of transglutaminase treatment and the addition of kappa-carr.

Background and Objectives: In the past few years, there has been growing interest in studying a wide variety of functional foods that provide health benefits beyond their nutritional substances. Yogurt is a source of bioactive peptides which are developed throughout the process of fermentation, but in general, it has limited antioxidant activity. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) is a notable crop, not only because of its economic importance but also for its beneficial health effects, mainly due to its antioxidant compounds. The current study aimed to evaluate the effect of the addition of concentrated bell pepper extract (CBPE) on the antioxidant compounds of set yogurt.

Materials & Methods: Bell peppers with yellow, orange, or red colors were purchased from the local market. After cleaning, washing, drying, blending, and straining bell peppers through a couple of layers of cheesecloth, the extracted juices were concentrated by a rotary evaporator at 60 ˚C till 30% T.S. The prepared CBPEs were made and used in formulation on the day of yogurt production. For making yogurt, 5% (V/V) of CBPE with different colors were substituted with the milk used for yogurt production. In this study, the effect of the addition of CBPE on the amounts of total phenols, vitamin C, and antioxidant capacity (based on DPPH and ABTS) of set yogurt was evaluated during 21 days of storage at the refrigerator.

Results: Results showed that yogurt samples containing CBPE had significantly higher total phenolic, DPPH radical scavenging activity, and vitamin C content as compared to control (without CBPE). Among fortified samples, yogurt containing orange CBPE had higher antioxidant compounds as compared to other samples (samples containing yellow and red CBPE). The amount of total phenolic compounds in control and yogurt samples containing orange, yellow and red CBPE were determined as 129.56, 534.78, 399.22 and 423.78 µg/g, respectively. In the DPPH radical scavenging activity assay, the results showed significant differences ($p<0.01$) between fortified samples, while based on ABTS method, no significant differences

were found among them ($p>0.05$). The amount of vitamin C in control (68.47 µg/100g) was also significantly ($p<0.01$) lower than yogurt samples containing orange (2427.56 µg/100g), yellow (1530.33 µg/100g) and red CBPE (2081.22 µg/100g).

Conclusion: Results showed that incorporation of 5% bell pepper extract particularly orange CBPE in yogurt production notably inhanced total phenolic compounds, antioxidant activity and vitamin C content. Therefore, consumption of this fortified yogurt may afford a substantial amount of the antioxidants required to boost the immune system and to prevent diseases and disorders.

Cite this article: Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Mehrnia, M.A. 2024. Study on the amounts of Total Phenol, Vitamin C and Antioxidant Properties of Functional Yogurt Containing Bell Pepper Extract during Storage Period. *Food Processing and Preservation Journal*, 15(4), 1-20.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2024.21660.1776
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

بررسی مقادیر فنل تام، ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی ماست عملگرا حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای طی مدت نگهداری

حسین جوینده[۱*]، بهروز علیزاده بهبهانی[۲]، محمدامین مهرنیا[۲]

۱ استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، رایانامه: hosjooy@asnrukh.ac.ir
۲ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۵/۲٦
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۹/۱٦
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۰/۱٦

واژه‌های کلیدی:
ماست قالبی
عصاره تغلیظ شده فلفل دلمه‌ای
فعالیت مهار رادیکال DPPH
ABTS

چکیده

سابقه و هدف: در چند سال اخیر، علاقه روبه‌رشدی در زمینه مطالعه انواع گسترده‌ای از مواد غذایی عملگرا ایجاد شده است، که فوائد سلامت‌بخشی به دلیل برخورداری از مواد مغذی ایجاد می‌کنند. ماست یک منبع مناسب از پپتیدهای زیست‌فعال است که در طی فرایند تخمیر ایجاد می‌شوند؛ اما به‌طور کلی از فعالیت آنتی‌اکسیدانی محدودی برخوردار است. فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.) محصولی با ارزش است، نه تنها از نظر اقتصادی، بلکه به‌علت اثرات سلامت‌بخش مفیدی که به‌دلیل وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر افزودن عصاره تغلیظ شده‌ی فلفل دلمه‌ای (CBPE) بر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ماست قالبی انجام شد.

مواد و روش‌ها: فلفل‌های دلمه‌ای با رنگ‌های زرد، نارنجی یا قرمز از بازار محلی خریداری گردید.پس از تمیز کردن، شستشو، خشک کردن، خرد کردن و صاف کردن فلفل‌های دلمه‌ای توسط دو لایه پارچه صافی ململ، عصاره‌های استخراجی توسط دستگاه روتاری اواپراتور تحت خلاء در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد تا ماده خشک ۳۰ درصد تغلیظ شدند. عصاره‌های فلفل دلمه‌ای تغلیظ شده در همان روز تولید نمونه‌های ماست تهیه و در فرمولاسیون استفاده گردید. برای تهیه ماست، مقدار ۵درصد (حجمی/حجمی) از CBPE با رنگ‌های مختلف جایگزین شیر مورد استفاده در تولید ماست گردید. در این تحقیق، اثر افزودن CBPE بر مقادیر فنل تام، ویتامین C و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (به دو روش DPPH و ABTS) ماست قالبی طی مدت ۲۱ روز نگهداری در یخچال بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نمونه‌های ماست حاوی CBPE به‌شکل معنی‌داری از فنل تام، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH) و ویتامین C بالاتری در مقایسه با نمونه کنترل (ماست فاقد CBPE) برخوردار بودند. در میان نمونه‌های غنی‌شده، ماست حاوی CBPE نارنجی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بالاتری در مقایسه با سایر نمونه‌ها (حاوی CBPE زرد و قرمز) برخوردار بود. مقدار کل ترکیبات فنلی نمونه کنترل و ماست‌های حاوی CBPE نارنجی، زرد و

قرمز به‌ترتیب ۱۲۹/۵۶، ۵۳٤/۷۸، ۳۹۹/۲۲ و µg/g ٤۲۳/۷۸ تعیین گردید. در ارزیابی میزان مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH، نتایج بیانگر وجود اختلافات معنی‌دار (p<۰/۰۱) میان نمونه‌های غنی‌شده بود درحالی‌که در روش ABTS اختلاف معنی‌داری میان آن‌ها مشاهده نشد (p>۰/۰۵). همچنین مقدار ویتامین C در نمونه کنترل (µg/100g ٦۸/٤۷) به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های حاوی CBPE نارنجی (µg/100g ۲٤۲۷/٥٦)، زرد (µg/100g ۱٥۳۰/۳۳) و قرمز (µg/100g ۲۰۸۱/۲۲) بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تلفیق ٥ درصد عصاره فلفل دلمه‌ای به‌ویژه CBPE نارنجی در تولید ماست به شکل قابل توجهی مقدار ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ویتامین C محصول را افزایش می‌دهد. بنابراین، مصرف چنین ماست غنی شده‌ای می‌تواند مقدار قابل‌توجهی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مورد نیاز جهت تقویت سیستم ایمنی را فراهم نماید و از بروز بیماری‌ها و ناهنجاری‌ها جلوگیری کند.

استناد: جوینده، حسین؛ علیزاده بهبهانی، بهروز؛ مهرنیا، محمدامین. (۱٤۰۲). بررسی مقادیر فنل تام، ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی ماست عملگرا حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای طی مدت نگهداری. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱٥(٤)، ۲۰-۱.

DOI: 10.22069/FPPJ.2024.21660.1776

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

ارزش غذایی هر ماده‌ای به اجزای آن بستگی دارد. به‌علت وجود ترکیبات با ارزش، ماست از اهمیت فراوانی برخوردار است. ماست غذایی بسیار مغذی است و منبع عالی پروتئین، کلسیم، فسفر، ریبوفلاوین، تیامین، ویتامین B_{12}، فولات، نیاسین، منیزیم و روی است. از آنجایی که لاکتوز موجود در شیر در طول تخمیر به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود و به‌دلیل وجود باکتری‌های تخمیر کننده لاکتوز در ماست، افرادی که تحمل مصرف لاکتوز را ندارند، می‌توانند ماست را بدون هیچگونه اثر منفی مصرف کنند. علاوه بر این، مصرف فرآورده‌های شیر تخمیری باعث کاهش جزئی pH معده می‌شود که خطر انتقال پاتوژن و آثار کمبود ترشح شیره‌ی معده را کاهش می‌دهد (۱).

با وجود مواد مغذی با ارزش در ماست، با افزودن برخی ترکیبات و مواد سلامت‌بخش مانند افزودن گیاهان مختلف به‌ویژه گیاهان دارویی (۲، ۳) یا ترکیبات به‌دست آمده از آنها مانند عصاره (٤، ٥)، اسانس (٦، ٧) یا ترکیبات پلی‌ساکاریدی آن‌ها (٨، ٩)، می‌توان ویژگی سلامت‌بخشی محصول را ارتقا داد و ماستی عملگرا تهیه نمود. فلفل‌دلمه‌ای سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ویتامین‌های C، E، A، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی است و به همین دلیل به‌عنوان غذای سلامت‌بخش شناخته می‌شود. فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.)، در نقاط مختلف دنیا با اسامی مختلف مانند فلفل شیرین، پاپریکا یا فلفل زنگوله‌ای[1] نامیده می‌شود (۱۰). این محصول به تندی دیگر گونه‌های فلفل نیست؛ بنابراین در بسیاری کشورها مانند انگلستان و ایرلند «فلفل شیرین» نیز نامیده می‌شود. این سبزی سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ویتامین‌های C، E، A و فلاونوئیدی است و به همین دلیل به عنوان غذای سلامت‌بخش شناخته می‌شود (۱۱، ۱۲). فعالیت فیزیولوژیکی و محتویات فیتوشیمیایی این گیاه بستگی به رنگ فلفل دلمه‌ای دارد. کیم و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که هر ۱۰۰ گرم فلفل دلمه‌ای قرمز، نارنجی و سبز به‌ترتیب حاوی ۱٤۰ mg، ۱۲۰ و ۱۲۰ ویتامین C و ۳۸٤ µg، ۲٦٥ و ۱۷٥ بتاکاروتن است (۱۳).

به‌دلیل وجود ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدی و همچنین ویتامین‌هایی نظیر ویتامین C و ویتامین E، فلفل دلمه‌ای از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی برخوردار است؛ در مقابل، ماست ساده فاقد مقدار مناسب ترکیبات فنلی می‌باشد و با توجه به نوع شیر و تغذیه، میزان آن متفاوت است. برای مثال، میزان ترکیبات فنلی شیر بز (۱٦۸ mg GAE/L) بالاتر از سایر گونه‌ها و مقدار این ترکیبات در شیر گاو ٤۹ mg GAE/L گزارش شده است (۱٤). در مورد فلفل دلمه‌ای نیز عوامل مختلفی نظیر رنگ فلفل دلمه‌ای، میزان رسیدگی، میزان در معرض قرار گرفتن در نور خورشید و فرایند حرارتی تأثیر بسزایی در خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن دارد. با رسیدن کامل سبزی (۱٥)، خشک کردن در معرض آفتاب (۱٦) و حرارت دیدن (۱۷)، مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سبزی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در انواع فلفل‌های دلمه‌ای با رنگ‌های گوناگون نیز بسیار متفاوت گزارش شده است. برای مثال، توپایرو و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کرده‌اند که از میان فلفل‌های مختلف دلمه‌ای، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی فلفل دلمه‌ای سبز با هر ۳ روش اندازه‌گیری مختلف DPPH[2]، FRAP[3] و ORAC[4] (۲۲/۱٥، ۳۰/۱٥ و ٦۱/۹٦ µmol TE/g) بالاتر از انواع دیگر گزارش شده است و نوع قرمز (۲۳/۷۹، ۲۸/۱۲

[1] Bell pepper
[2] 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate
[3] Ferric reducing ability of plasma
[4] Oxygen Radical Antioxidant Capacity

و µmol TE/g ۸۱ /٥٤)، نـارنجی (۲۲/۲۰، ۲۵/۲۰ و µmol TE/g ۵۱/۱۲) و زرد (۱۸/٦۳، ۱۹/۸۷ و µmol TE/g ۵۱/٦۵) در رده‌های بعدی قرار دارند (۱۸). این محققین علت این موضـــوع را به مقادیر بالاتر اســـید آسکوربیک و محتویات فنلی فلفل دلمه‌ای سبز و قرمز به‌ویژه ترکیبات پی-کوماریک[5] و اســـیدهای فرولیک[6] نسـبت داده‌اند. ژوانگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشـان دادنـد کـه فـلفـل دلمـه‌ای قرمز از میزان ظرفیـت آنتی‌اکسـیدانی قابل توجهی برخوردار است و می‌تواند مانع شروع اکسیداسیون گردد (۱۹).

ویتامین C یک ماده آنتی‌اکســیدان اســت و میزان آسـیب وارد شده به بافت های بدن را از طریق حذف رادیکـال‌هـای آزاد کـاهش می‌دهـد و از بروز بیماری قلبی و سرطان جلوگیری می‌کند. این تأثیر به خاصیت احیاءکنندگی ویتامین ث مربوط می شـــود. یک عدد فلفل دلمه‌ای ۳۰۰ درصـــد نیاز روزانه ما به ویتامین C را تأمین می‌کند و میزان زیادی ویتامین A و بتاکاروتن به بدن می‌رســـاند. بنابراین این فلفل دوســـت قلب و سلامت و ضد پیری است (۲۰).

علیرغم خواص سرشار آنتی‌اکسیدانی فلفل‌دلمه‌ای، تـاکنون تحقیقی در زمینـه کـاربرد این گیـاه در تولیـد ماســت در کشــورمان انجام نشـده اسـت. بنابراین، با توجه به خواص بالای آنتی‌اکسیدانی فلفل دلمه‌ای و از طرف دیگر خواص جزیی آنتی‌اکسـیدانی ماست، این تحقیق به منظور تولید ماســـت حاوی عصـــاره تغلیظ شـــده‌ی فلفل دلمه‌ای (CBPE[7]) به‌عنوان محصـــولی عملگرا و معرفی بهترین محصـــول (ماســـت حاوی عصـــاره فلفـل دلمـه‌ای زرد، قرمز یـا نارنجی) انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مواد مورد اســتفاده: جهت تولید نمونه‌های ماست، از شـیر تازه کامل گاو حاوی ۳/۲ درصـد چربی استفاده شد. فلفل دلمه‌ای تازه با ۳ رنگ زرد، قرمز و نارنجی از بازار محلی خریداری شـد و پس از شـســتشو، توسط همزن کاملا خرد و عصـــاره آن با پارچه صـــافی ململ جدا گردید. پس از پاسـتوریزاسـیون عصاره در دمای ۷۵ درجه ســانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه و ســرد کردن سریع آن، عمل تغلیظ عصاره تا ۳۰ درصد ماده خشک توسـط دستگاه روتوری اواپراتور تحت خلاء در دمای ٦۰ درجه ســانتی‌گراد انجام شـد. عصاره فلفل دلمه‌ای تغلیظ شـــده (CBPE) در همان روز تولید نمونه‌های ماســت تهیه و به میزان ۵ درصد از آن در تولید ماست اسـتفاده شـد. آغازگر ماسـت یومیکس[8] ۵۳۲ محتوی ســـویـه‌های ترموفیل *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*[9] و مزوفیل *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونهٔ *بولگاریکوس*[10] (شرکت لبنی دانیسکوی، ساخت آلمان) خریداری و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. تمامی مواد مورد استفاده در تحقیق شامل محیط‌های کشت و مواد شـیمیایی از درجه خلوص بالا و از شـــرکت سـیگما آلدریچ یا مرک آلمان خریداری گردید.

روش تولید ماســت: نمونه‌های ماســت مطابق روش یدملت و همکاران تولید گردید [۲۱]. پس از رساندن دمای شیر به ۹۰ درجه سانتی‌گراد و نگهداری به مدت ۱۰ دقیقه، دمای شـیر به ٦۵ درجه سـانتی‌گراد کاهش یافت و میزان ۵ درصـــد عصـــاره تغلیظ شـــده فلفل دلمه‌ای به آن اضـافه شـد. میزان CBPE مورد استفاده در این تحقیق براساس آزمون‌های مقدماتی و با توجه به نتایج خواص حســـی به‌ویژه بافت و طعم ماســـت تعیین شـد. در ادامه دمای شیر جهت تلقیح به ٤۵-٤٤ درجه سـانتی‌گراد کاهش یافت و پودر لیوفیلیزه کشت

[5] P-coumaric
[6] ferulic acids
[7] Concentrated Bell Pepper Extract
[8] YO-MIX
[9] *Streptococcus thermophilus*
[10] *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

آغازگر ماست به مقدار ۰/۰۵ درصد به شیر اضافه گردید و شیر استارتر خورده در ظروف پلی‌اتیلنی ۱۰۰ گرمی پر شد. در ادامه، گرمخانه‌گذاری نمونه‌های ماست در دمای ٤٢ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن pH نمونه‌ها به ٤/٦ ادامه یافت و سپس نمونه‌ها از گرمخانه خارج و به یخچال با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند. کلیه آزمون‌ها طی مدت ۲۱ روز نگهداری (روزهای ۱، ۱۱ و ۲۱ روز پس از تولید) در دمای یخچال (۱±۵ درجه سانتی‌گراد) ارزیابی شدند.

تهیه عصاره استخراجی از ماست جهت اندازه‌گیری فنل تام، خواص آنتی‌اکسیدانی: جهت استخراج عصاره استخراجی از ماست از روش رایکس و همکاران (۲۰۱۹) با کمی تغییرات استفاده شد (١٤). پس از خشک کردن نمونه‌های ماست در آون تحت خلاء در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد، مقدار ۲ گرم پودر با مقدار ۸ سی‌سی اتانول ۵۰ درصد مخلوط و به مدت یک ساعت به‌خوبی همگن شد. در ادامه مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در g× ۳۲۲۰ و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. عمل استخراج یک بار دیگر در شرایط ذکر شده تکرار شد و محلول زیر صافی هر دو مرحله با هم مخلوط گردید و با آب مقطر به حجم ۲۰ سی‌سی رسانده شد و در همان روز استفاده گردید.

اندازه‌گیری فنل تام: اندازه‌گیری فنل تام مطابق روش مارینووا و همکاران (۲۰۰۵) با کمی تغییرات و با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو[11] ۱۰ درصد انجام شد (۲۲). مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول آماده‌سازی‌شده با ۲/۵ میلی‌لیتر از معرف (که به نسبت ۱۰ : ۱ با آب مقطر دی‌یونیزه رقیق شده است) مخلوط شد و به‌مدت ٦ دقیقه در دمای محیط نگهداری گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. پس از مخلوط کردن با ورتکس به مدت ۳۰ دقیقه، محلول در دمای محیط انکوبه‌گذاری شد و در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Genesys، ساخت آمریکا) قرائت شد. نتیجه برحسب میکروگرم اکی‌والان گالیک اسید در گرم نمونه بیان گردید (۲۲).

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ماست

میزان مهار رادیکال DPPH: فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد به روش DPPH[12] و مطابق روش هونگ و همکاران (۲۰۲۰) تعیین گردید (۲۳). در این روش قابلیت احیا کردن ترکیبات اکسید کننده توسط نمونه ماست به وسیله ارزیابی میزان بی‌رنگ شدن محلول بنفش معرف ۲،۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل اندازه‌گیری شد. برای این منظور، یک میلی‌لیتر نمونه با ۰/۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۱۵ میلی‌مولار DPPH در متانول ترکیب و مخلوط گردید. پس از نگهداری نمونه در دمای اتاق و در مکانی تاریک به مدت ۳۰ دقیقه، جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۵۱۷ نانومتر ثبت گردید. متانول خالص جهت کالیبره کردن دستگاه استفاده شد. مهار رادیکال DPPH مطابق معادله (۱) و برحسب درصد محاسبه گردید (۲۳).

معادله (۱)

$$\text{درصد مهار رادیکال DPPH} = \frac{\text{جذب نمونه شاهد} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب نمونه شاهد}} \times ۱۰۰$$

میزان مهار رادیکال ABTS: اصول کلی تعیین قدرت آنتی‌اکسیدانی اسانس با استفاده از رادیکال ABTS به این صورت است که ابتدا با استفاده از پتاسیم پرسولفات، ABTS را در معرض اکسیداسیون قرار می‌دهیم تا رادیکال $ABTS^{+}$ ایجاد شود. در نهایت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی عصاره فلفل دلمه‌ای رادیکال‌های تولیدی $ABTS^{+}$ را مهار کرده و رنگ

[11] Folin-Ciocalteu reagent

[12] 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

محلول از سبزآبی اولیه به محلولی بی‌رنگ تغییر پیدا می‌کند. قدرت آنتی‌اکسیدانی با ثبت تغییرات جذب به وسیله دستگاه طیف سنجی مطابق روش دهقان با کمی تغییرات تعیین گردید (٢٤). در این آزمون ابتدا یک محلول ۷ میلی‌مولار ABTS در آب تهیه شد و با نسبت ۱:۱ با محلول ۲/٤٥ میلی‌مولار پرسولفات سدیم مخلوط گردید. جهت تولید رادیکال‌های کاتیونی ABTS محلول حاصل به مدت ١٦ ساعت در دمای محیط و تاریکی قرار داده شد. پیش از شروع آزمون محلول $ABTS^{+}$ با متانول تا جذب ۰/۷ ±۰/۰۲ در طول موج ۷۳٤ نانومتر رقیق شد. سپس ۱ میلی‌لیتر از نمونه استخراج شده و ۳ میلی‌لیتر از محلول رقیق شده ABTS با هم مخلوط شدند. میزان جذب نمونه پس از گذشت ٦ دقیقه در طول موج ۷۳٤ نانومتر خوانده شد. درصد فعالیت حذف رادیکال با استفاده از همان معادله (۱) محاسبه گردید (٢٤).

اندازه‌گیری ویتامین C ماست: این آزمایش مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۰ توسط روش تیتراسیون با معرف ٦،۲-دی کلروفنل ایندوفنل (DCPIP[13]) با کمی تغییرات انجام پذیرفت (۲۵). برای استخراج اسید آسکوربیک در نمونه مورد آزمایش، از محلول اسید اگزالیک ۲ درصد استفاده شد. سپس میزان ویتامین C از طریق تیتراسیون با محلول آبی رنگ DCPIP و ظهور رنگ صورتی که نشان دهنده‌ی اکسیداسیون کامل اسید آسکوربیک به دهیدروآسکوریک اسید است انجام پذیرفت. مقدار ویتامین C برحسب میکروگرم در یک‌صد گرم نمونه محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

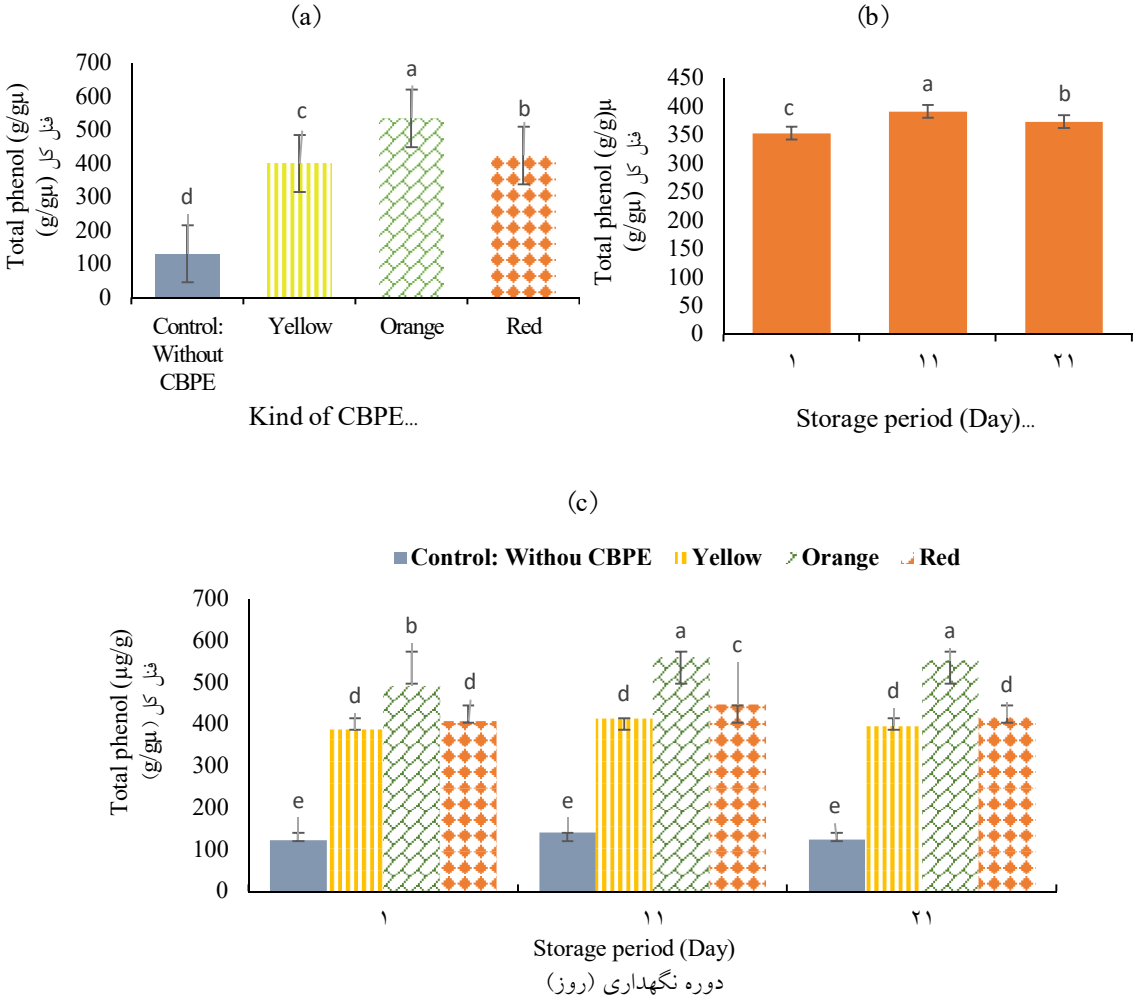
در این تحقیق، ۳ تیمار ماست حاوی مقدار ۵ درصد عصاره تغلیظ شده فلفل دلمه‌ای قرمز، زرد یا نارنجی به‌همراه نمونه کنترل (فاقد عصاره فلفل دلمه‌ای) در ۳ تکرار تولید و مقادیر فنل تام، ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها طی مدت ۲۱ روز نگهداری در یخچال بررسی شد. جهت بررسی تأثیر نوع عصاره فلفل دلمه‌ای تغلیظ شده و زمان نگهداری، در این مطالعه از طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد و تجزیه و تحلیل آماری نتایج توسط نرم افزار spss (ویرایش ۲۰) بررسی و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارزیابی تأثیر افزودن CBPE بر مقدار فنل تام نمونه‌های ماست: نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد متغیرهای فرآیند به‌طور جداگانه و همچنین اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر میزان فنل تام نمونه‌های ماست (برحسب میکروگرم اکی‌والان گالیک اسید در هر گرم نمونه) دارد. همان‌طور که در شکل ۱-a می‌توان مشاهده کرد، افزودن ۵ درصد CBPE با رنگ‌های مختلف سبب تفاوت معنی‌دار در مقدار فنل تام ماست گردید. در میان نمونه‌های ماست، نمونه شاهد با مقدار ۱۲۹/٥٦ µg/g و نمونه حاوی CBPE نارنجی با مقدار ٥۳٤/۷۸ µg/g به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین فنل تام بود. به‌طورکلی، انواع فلفل به‌خصوص فلفل قرمز تند حاوی مقدار ترکیبات فنلی بالاتری در مقایسه با محصولات گیاهی مختلف نظیر توت فرنگی و گوجه فرنگی می‌باشند (٢٦). در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، خلیفا و گوما (۲۰۲۱) مقدار قابل توجه ترکیبات فنلی را در نوشیدنی‌های ماست حاوی رنگدانه‌های استخراج شده از بادام زمینی (۱/٦٥ میلی‌گرم در میلی‌لیتر)، پوست پیاز زرد (۱/٥ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) و کاسه گل چای ترش (۱/۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) گزارش کردند (۲۷). هونگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز مقدار کل

[13] 2,6-dichlorophenolindophenol

ترکیبات قنلی در نمونه‌های ماست حاوی عصاره فلفل‌دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف که به روش استخراج آبی تهیه شده بودند را بسیار بالاتر از نمونه ماست شاهد گزارش نمودند (۲۳). هرچند این محققین در برخی از دوره‌های نگهداری اختلافی از این نظر میان نمونه‌های ماست حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف که به روش الکلی استخراج شده بودند با نمونه‌ی شاهد مشاهد نکردند. درهرحال، برخلاف نتایج تحقیق حاضر، از میان نمونه‌های ماست حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف زرد، نارنجی و قرمز، این محققین بالاترین مقدار فنل تام ماست را در ماست حاوی فلفل دلمه‌ای زرد با حدود ۲۸۵ µg/g گزارش کردند و به‌علاوه، مقدار فنل تام کمتری را در نمونه‌های ماست حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای با هر دو روش استخراج آبی (۱۵۹ µg/g–۲۸۷) و الکلی (۱۳٤ µg/g–۱٤٥) گزارش کردند. افزایش قابل توجه ترکیبات فنلی در نتیجه افزودن ترکیباتی نظیر پودر تفاله انگور (۲۸) و پوست انار (۲۹) به ماست گزارش شده است.



شکل ۱- تأثیر افزودن مقدار ۵ درصد عصاره تغلیظ شده فلفل دلمه‌ای (CBPE) با رنگ‌های زرد، نارنجی یا قرمز (a)، زمان نگهداری (b) و اثر متقابل دو متغیر مذکور (c) بر میزان فنل تام نمونه‌های ماست قالبی

Figure 1. Effect of addition of 5% concentrated yellow, orange and red bell pepper extract (CBPE) (a), storage time (b) and their intraction (c) on total phenol of the set yogurt samples

مطابق شکل ۱-b، با گذشت زمان نگهداری، مقدار میانگین فنل تام نمونه‌های ماست تا روز ۱۱ افزایش و در پایان ۲۱ روز نگهداری کاهش معنی‌داری یافت. عوامل مختلفی می‌تواند در طی مدت نگهداری سبب افزایش یا کاهش ترکیبات فنلی مواد غذایی گردد. عنوان شده است که دلیل افزایش ترکیبات فنلی در طی مدت نگهداری به دلیل تشکیل ترکیباتی است که قادرند با معرف فولین-سیکالتیو واکنش دهند (۳۰). برای مثال، پروتئولیز پروتئین‌های شیر سبب رها شدن اسیدهای آمینه‌ای با زنجیره‌های جانبی فنلی مانند تیروزین گردد که می‌تواند سبب افزایش میزان فنل تام گردد. همچنین، متابولیسم ترکیبات فنلی توسط باکتری‌های آغازگر ماست می‌تواند سبب هیدرولیز گلیکوزید فلاونوئید یا شکسته شدن حلقه-C و آزاد شدن ترکیبات فنلی ساده همانند اسیدهای فنلی گردد (۳۱، ۳۲). افزایش ترکیبات فنلی در ابتدای نگهداری مواد غذایی حاوی ترکیبات فنلی توسط سایر محققین نیز اشاره شده است (۳۳، ۳٤). درمقابل، ترکیبات فنلی قادر به واکنش با پروتئین‌های شیر هستند و با تشکیل ترکیبات پیچیده نامحلول، سبب کاهش میزان فنل آزاد می‌گردند (۳۵). کاهش ترکیبات فنلی در پایان مدت نگهداری در نمونه‌های ماست حاوی عصاره‌های مختلف میوه یا سبزی توسط سایر محققین نیز اشاره شده است (۱٤، ۲۳). هرچند برخلاف این نتایج، خمیریان و همکاران (۱۳۹٦) روند کاهشی ترکیبات فنلی را در ابتدای نگهداری نوشیدنی پروبیوتیک لیمویی بر پایه تراوه و سپس افزایش این ترکیبات را در پایان زمان نگهداری گزارش کردند (۳٦). درهرحال، همان‌گونه که در شکل ۱-b می‌توان مشاهده نمود، نمونه‌های ماست حاوی CBPE در پایان مدت ۲۱ روز نگهداری حاوی مقادیر قابل توجهی ترکیبات فنلی بودند.

همچنین با نگاهی به شکل ۱-c می‌توان دریافت که میزان فنل تام نمونه ماست حاوی CBPE نارنجی در تمامی دوره‌های نگهداری بالاتر از سایر نمونه‌های ماست بود؛ به‌طوری‌که بالاترین مقدار فنل تام در نمونه‌های ماست مربوط به این نمونه در روزهای ۱، ۱۱ و ۲۱ نگهداری به‌ترتیب ٤۹۱/۳۳، ٥٦۰/۳۳ و ٥٥۲/٦۷ µg/g تعیین شد. کمترین مقدار ترکیبات فنلی نیز مربوط به نمونه ماست شاهد بود که در طی مدت ۲۱ روز نگهداری مقدار آن ٦۷/۳۳-۱۲۲/۱٤۱ µg/g تعیین شد.

ارزیابی تأثیر افزودن CBPE بر خواص آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست: قسمت‌های مختلف فلفل دلمه‌ای (میوه، دانه و برگ) حاوی ترکیبات زیست فعال مختلفی مانند ترکیبات فنلی، فلاوونوئید، کاروتنوئید، توکوفرول و پلی‌ساکاریدهای پکتیکی با فعالیت‌های بیولوژیکی مختلف می‌باشد. یکی از مهمترین این فعالیت‌ها، خواص آنتی‌اکسیدانی یا مهار رادیکال‌های آزاد است. اندازه‌گیری خواص آنتی‌اکسیدانی از اهمیت زیادی برخوردار است چرا که نشان‌دهنده خواص عملگرایی بر سلامت انسان است. از آنجایی که نحوه مهار رادیکال آزاد توسط هر یک از ترکیبات زیست‌فعال اشاره شده فوق متفاوت است، معمولاً از روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری خواص آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌شود که در این تحقیق، میزان مهار رادیکال‌های آزاد نمونه‌های ماست توسط دو روش رایج DPPH و ABTS بررسی گردید.

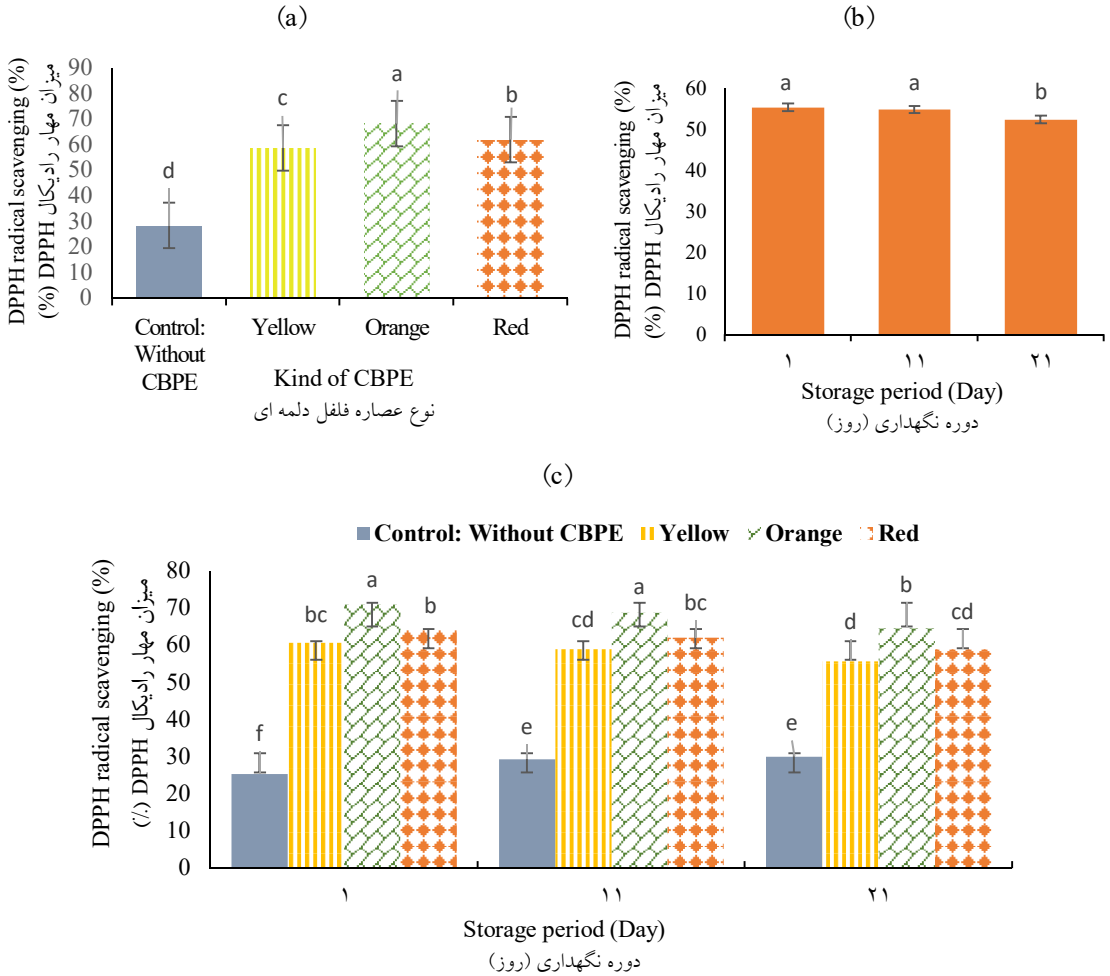
ارزیابی خواص آنتی‌اکسیدانی به‌روش DPPH: در روش تعیین خصوصیات آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، هر چقدر میزان قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه بیشتر باشد، میزان کاهش رنگ بنفش معرف ۲،۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل نیز بیشتر است. DPPH رادیکال آزاد پایداری است که با پذیرش الکترون‌ها یا

اتم‌های هیدروژن به مولکول‌های دیامغناطیسی[14] پایدار تبدیل می‌شود (۳۷). همان‌طور که در شکل ۲-a می‌توان مشاهده نمود، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی فلفل دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف متفاوت بود و به‌علاوه تمامی نمونه‌های ماست حاوی از خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند. همانند نتایج به‌دست آمده در مورد ترکیبات فنلی، در میان نمونه‌های مختلف، نمونه ماست حاوی CBPE نارنجی با ٦٨/١١ درصد بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان داد و نمونه‌های حاوی CBPE قرمز و زرد به‌ترتیب با ٦١/٦٧درصد و ٥٨/٤٤ در رده‌های بعدی قرار گرفتند. نمونه شاهد فاقد عصاره نیز با ٢٨/٢٢درصد از کمترین مهار رادیکال آزاد برخوردار بود (شکل ۲-a).

امروزه، فلفل‌های دلمه‌ای با رنگ‌های متنوع، نه تنها به دلیل ویژگی رنگ و ارزش غذایی منحصر به فردی که دارند، بلکه به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی بالای خود بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. علت خواص آنتی‌اکسیدانی بالای این سبزی به‌دلیل وجود ترکیبات فیتوشیمیایی گوناگون مانند مواد فنلی، فلاوونوئیدی، کاروتنوئیدی و ویتامین‌های مختلف به‌ویژه ویتامین C و E است. در واقع رابطه مستقیمی میان مقدار این ترکیبات مانند ترکیبات کاروتنوئیدی با خواص آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. مهمترین رنگدانه‌های فلفل دلمه‌ای قرمز از نوع زانتوفیل[15] و شامل کاپسانتین[16] و کاپسُروبین[17] است (۳۸). در نوع زرد این محصول دو رنگدانه ویولازانین[18] و نئوزانتین[19] و در نوع نارنجی آن نیز رنگدانه‌های لوتئین[20] و بتا-کاروتن بیشترین اهمیت را دارند (۳۹). تمامی ترکیبات مورد اشاره از خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردارند (٤٠). در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، کانگ و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر افزودن مقادیر ۵-۱ درصد عصاره تخمیری فلفل تند (*Capsicum annuum* cv. Chungyang) با رنگ‌های سبز و قرمز به شیر را بر ویژگی‌های ماست هم‌زده بررسی و گزارش کردند که ماست‌های هم‌زده حاوی هر دو عصاره فلفل مذکور به‌ویژه نوع قرمز از درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد برخوردار بودند (٤١). همچنین، هونگ و همکاران (۲۰۲۰)، افزایش قابل توجه مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH را در نمونه‌های ماست حاوی عصاره فلفل‌دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف (به‌ویژه حاوی عصاره‌های قرمز و نارنجی) گزارش کردند (۲۳). چاوز-مندوزا و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره اتانولی فلفل‌های دلمه‌ای رنده شده با رنگ‌های مختلف، بیشترین میزان مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH را در فلفل دلمه‌ای قرمز به میزان ٧٩/٦٥درصد گزارش کردند و پس از آن، فلفل دلمه‌ای سبز با ۷۸درصد، نارنجی با ۷۰درصد، و فلفل دلمه‌ای زرد با ٦٤/٩٠درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (٤٢). درمقابل، گویل-گوئررو و همکاران (۲۰۰٦) میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH در عصاره استخراجی اتانولی فلفل دلمه‌ای زرد (۸۰ درصد) را بالاتر از انواع نارنجی (۷۵ درصد)، قرمز (۵۰ درصد) و سبز (٤٠ درصد) گزارش کردند (٤٣). علت تفاوت در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی فلفل‌های دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف در تحقیقات انجام شده می‌تواند به‌دلایل مختلفی نظیر شرایط برداشت و مرحله رسیدگی باشد (٤٤). در بررسی تأثیر زمان نگهداری بر مقدار فعالیت

[14] Diamagnetic
[15] Xanthophyll
[16] Capsanthin
[17] Capsorubin
[18] Violaxanthin
[19] Neoxanthin
[20] Lutein

آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست برحسب مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH مشخص گردید که با گذشت زمان نگهداری، درصد مهارکنندگی کاهش معنی‌داری می‌یابد (شکل ۲-b). با نگاه دقیق‌تر به نتایج به‌دست آمده در مورد خواص آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست حاوی CBPE طی مدت نگهداری (شکل ۲-c) می‌توان دریافت که روند تغییرات نمونه‌های حاوی CBPE با شاهد کاملاً متفاوت است؛ به گونه‌ای که در نمونه‌های ماست حاوی CBPE، با افزایش زمان نگهداری، برخلاف نمونه شاهد، درصد مهارکنندگی کاهش معنی‌داری می‌یابد. کاهش خاصیت مهارکنندگی در نمونه‌های ماست حاوی CBPE طی مدت نگهداری معمولاً به کاهش ترکیبات فنلی است نسبت داده شده است، چرا که ارتباط مستقیمی میان این ترکیبات و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد (٤٥). کاهش ترکیبات فنلی، به‌دلیل تجزیه پلی‌فنل‌ها و نیز واکنش آن‌ها با پروتئین‌های شیر و تشکیل ترکیبات پیچیده نامحلول و در نتیجه کاهش میزان فنل آزاد است (۳۵).

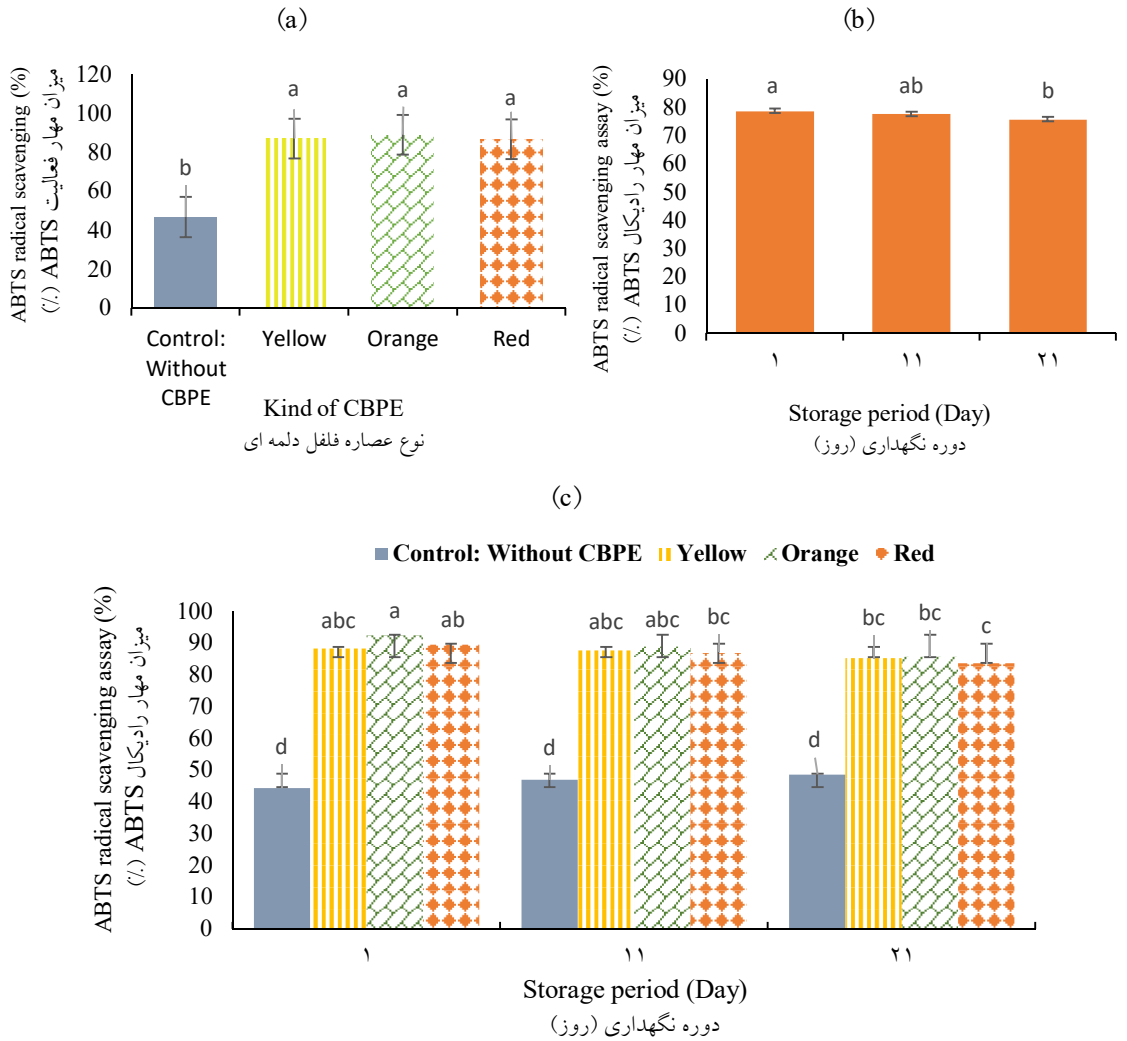


شکل ۲- تأثیر افزودن مقدار ۵ درصد عصاره تغلیظ شده فلفل دلمه‌ای (CBPE) با رنگ‌های زرد، نارنجی یا قرمز (a)، زمان نگهداری (b) و اثر متقابل دو متغیر مذکور (c) بر مقدار مهار رادیکال DPPH نمونه‌های ماست قالبی

Figure 2. Effect of addition of 5 (%) concentrated yellow, orange and red bell pepper extract (CBPE) (a), storage time (b) and their intraction (c) on DPPH radical scavenging activity of the set yogurt samples

کاهش ترکیبات فنلی در نمونه‌های ماست حاوی عصاره‌های مختلف گیاهی طی مدت نگهداری توسط سایر محققین نیز اشاره شده است (١٤، ٤٦). درهرحال، کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی ماست در ابتدای نگهداری در این تحقیق نمی‌تواند به‌دلیل کاهش ترکیبات فنلی باشد، چرا که مطابق با شکل ٢-b، میزان ترکیبات فنلی در مدت ١١ روز ابتدایی نگهداری افزایش یافته است. بنابراین کاهش خاصیت اکسیدانی ماست حاوی عصاره‌های مختلف فلفل دلمه‌ای در مدت مذکور می‌تواند به‌دلیل کاهش سایر ترکیبات مؤثر در مهار رادیکال آزاد مانند کاهش فعالیت آنتوسیانین یا کاهش ویتامین‌های C، A و E باشد. آشوانی و دینش (٢٠١٦) نیز کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در نمونه‌های ماست غنی شده با عصاره میوه‌جات گزارش نمودند و دلیل آن را به کاهش فعالیت آنتوسیانین نسبت دادند (٤٧). در نتایجی متفاوت، کانگ و همکاران (٢٠١٨) تفاوت معنی‌داری از این نظر میان ماست‌های هم‌زده حاوی عصاره تخمیری فلفل تند سبز و قرمز با نمونه شاهد طی مدت ١٦ روز نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مشاهده نکردند (٤١). همچنین، هونگ و همکاران (٢٠٢٠) در بررسی مقدار مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH در نمونه‌های ماست حاوی ٢/٥درصد عصاره فلفل‌دلمه‌ای نارنجی استخراج شده به روش آبی، افزایش قابل‌توجه خواص آنتی‌اکسیدانی را در ٥ روز ابتدایی وسپس کاهش جزیی آن را تا پایان ١٥ روز نگهداری در یخچال گزارش نمودند(٢٣).

ارزیابی خواص آنتی‌اکسیدانی به‌روش ABTS: در روش تعیین خاصیت آنتی‌اکسیدانی به ABTS، کاتیون‌های ABTS با آنتی‌اکسیدان‌های موجود در ماده مورد نظر که دهنده‌ی هیدروژن می‌باشند، واکنش داده و احیاء می‌شوند. جهت تعیین درصد بازدارندگی آنتی‌اکسیدانی، میزان احیاءشوندگی با اندازه‌گیری مقدار جذب محلول در طول موج ٧٣٤ نانومتر قابل محاسبه است (٢٤). نتایج مربوط به تعیین قدرت آنتی‌اکسیدانی به روش ABTS نمونه‌های ماست حاوی ٥ درصد عصاره‌های مختلف فلفل دلمه‌ای تغلیظ شده یا CBPE طی مدت ٢١ روز نگهداری در یخچال در شکل ٣ نشان داده شده است. همانند نتایج به‌دست آمده در مورد خاصیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، در میان نمونه‌های مختلف ماست، نمونه حاوی CBPE نارنجی با ٨٩/١١درصد بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان داد و نمونه‌های حاوی CBPE قرمز و زرد به‌ترتیب با ٨٦/٧٧درصد و ٨٧/١١درصد در رده‌های بعدی قرار گرفتند. نمونه شاهد فاقد CBPE نیز با ٤٦/٦٦ درصد از کمترین مهار رادیکال آزاد برخوردار بود (شکل ٣-a). بنابراین، همانند نتایج مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH، در روش ABTS نیز ماست‌های حاوی CBPE از میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالاتری نسبت به شاهد برخوردار بودند؛ اما اختلاف معنی‌داری میان نمونه‌های حاوی CBPE از این نظر مشاهده نگردید.



شکل ۳- تأثیر افزودن مقدار ۵ درصد عصاره تغلیظ شده فلفل دلمه‌ای (CBPE) با رنگ‌های زرد، نارنجی یا قرمز (a)، زمان نگهداری (b) و اثر متقابل دو متغیر مذکور (c) بر مقدار مهار رادیکال ABTS نمونه‌های ماست قالبی

Figure 3. Effect of addition of 5% concentrated yellow, orange and red bell pepper extract (CBPE) (a), storage time (b) and their intraction (c) on ABTS radical scavenging activity of the set yogurt samples

مطابق شکل ۳-b، میزان مهار رادیکال‌های آزاد به روش ABTS نمونه‌های ماست همانند روش DPPH در طی مدت زمان نگهداری کاهش یافت. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، باوجود افزایش ترکیبات فنلی تا اواسط مدت نگهداری و ارتباط مستقیم میان میزان این ترکیبات و مهار رادیکال‌های آزاد، فعلیت آنتی‌اکسیدانی به مقدار کمی کاهش یافت. هونگ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست حاوی عصاره‌های متانولی فلفل‌دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف حدود ۲ تا ٤ برابر بیشتر از عصاره‌های آبی بود، در حالی که مقدار فنل تام نمونه‌های ماست حاوی عصاره‌های آبی بسیار بالاتر از عصاره‌های متانولی بود (۲۳). این محققین علت این موضوع را به ترکیبات زیست‌فعال مؤثر در فعالیت اکسیدانی موجود در عصاره استخراج شده به روش متانولی نسبت دادند. علاوه بر ترکیبات فنلی، فلفل دلمه‌ای تازه با رنگ‌های مختلف دارای ترکیبات مختلفی مانند ویتامین C، ویتامین A و ترکیبات

کاروتنوئیدی مانند کاپسانتین،کاپسُروبین وکریپتوکاپسین است که به‌خوبی قادر به مهار رادیکال‌های آزاد می‌باشند و گذشت زمان سبب کاهش این ترکیبات می‌شود (۴۲، ۴۸).

با نگاهی دقیق‌تر به روند تغییرات مهار رادیکال‌های آزاد به روش ABTS نمونه‌های ماست در مدت زمان نگهداری (شکل ۳-c) می‌توان دریافت که فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه ماست شاهد برخلاف نمونه‌های ماست حاوی CBPE در مدت زمان نگهداری افزایش یافت. علت افزایش مداوم فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ماست شاهد همان‌گونه که قبلاً اشاره شد می‌تواند به‌دلیل پروتئولیز مداوم پروتئین‌های شیر طی مدت نگهداری ماست و رها شدن اسیدهای آمینه‌ای با زنجیره‌های جانبی فنلی گردد. همچنین، متابولیسم ترکیبات فنلی توسط باکتری‌های آغازگر ماست می‌تواند سبب هیدرولیز گلیکوزید فلاونوئید یا شکسته شدن حلقه-C و آزاد شدن ترکیبات فنلی ساده همانند اسیدهای فنلی گردد (۳۱، ۳۲). علت کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های ماست حاوی CBPE نیز همان‌طور که اشاره شد به‌دلیل کاهش ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات مؤثر در این زمینه مانند ترکیبات آنتوسیانینن می‌باشد. سیبیس و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی خواص ماست میوه‌ای حاوی آلبالو، توت فرنگی و زغال اختهٔ آبی (بلوبری) طی مدت ۸ هفته نگهداری، کاهش حدود ۴۰ تا ۶۵ درصدی آنتوسیانین‌های مختلف نظیر انواع ترکیبات دلفینیدین[21]، پلاگومیدین[22]، مالویدین[23]، سیانیدین[24] و پتونیدین[25] را گزارش کردند (۴۹).

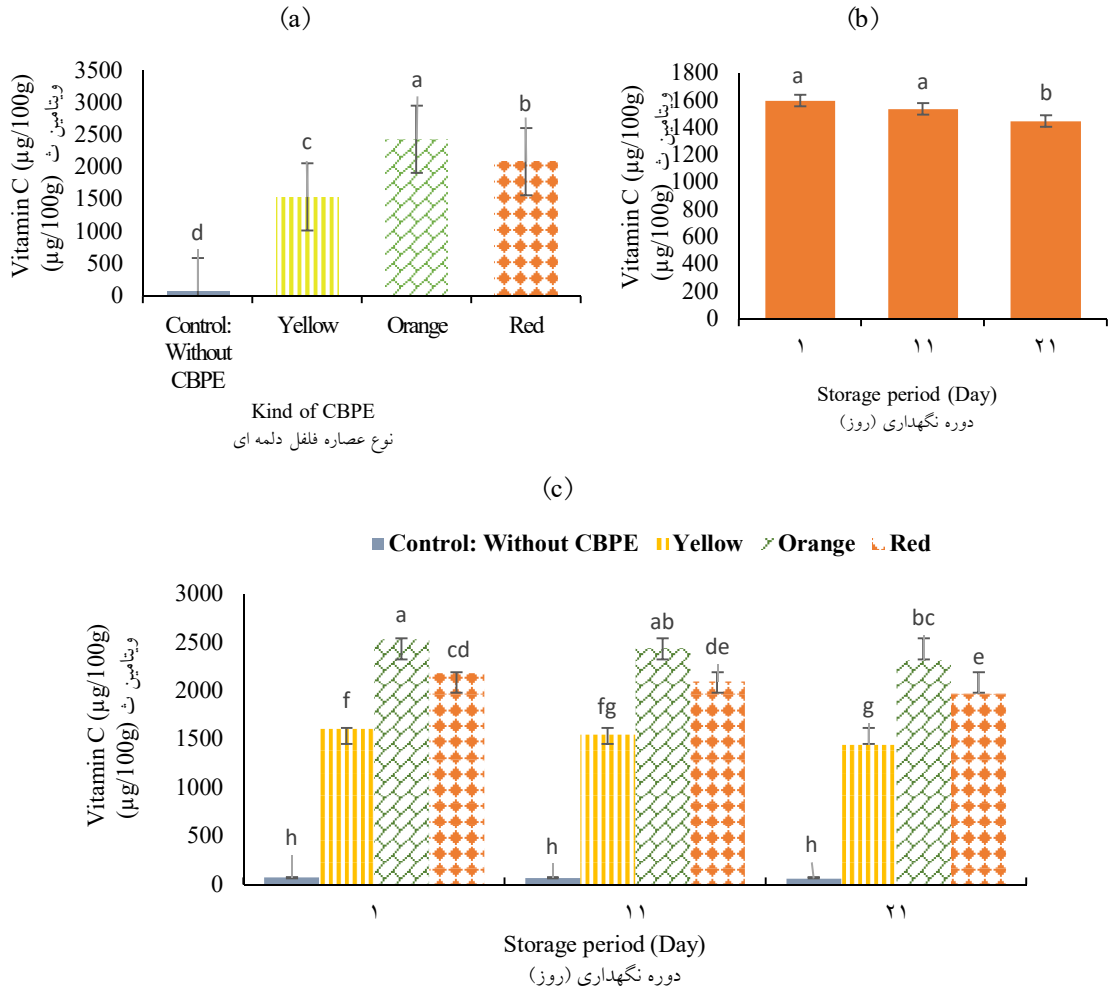
تأثیر افزودن CBPE بر مقدار ویتامین C: ویتامین C یا آسکوربیک اسید، یک آنتی‌اکسیدان طبیعی است که نقش مهمی در سلامت افراد ایفا می‌کند. وجود مقادیر فراوان ویتامین C در فلفل دلمه‌ای باعث شده این سبزی برای درمان سرماخوردگی مفید باشد و مصرف مرتب آن در برنامهٔ غذایی، هم شدت و هم طول دوران سرماخوردگی را کاهش می‌دهد. به‌علاوه، ثابت شده است که این ماده در کنترل فشار بالای خون؛ کاهش ابتلا به سرطان، پوکی استخوان، شب کوری در سالمندان و آسم مؤثر است. از طرف دیگر، باتوجه به خواص چلات‌کنندگی ویتامین C و حذف اکسیژن محیط، این ماده تأثیر مثبتی در افزایش قابلیت زنده‌مانی باکتری های اسید لاکتیک دارد. با این وجود، مقدار ویتامین C شیر و فراورده‌های لبنی بسیار جزیی است و این مقدار هم در حین نگهداری، حمل و نقل و فرایند غالباً از دست می‌رود. بنابراین با افزودن این ویتامین از طریق استفاده از میوه‌جات یا سبزیجات مختلف نظیر عصاره فلفل‌دلمه‌ای به ماست می‌توان خواص عملگرایی آن را بهبود بخشید و احتمالاً قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های LAB را نیز به‌دلیل حذف ترکیبات اکسیداتیو افزایش داد (۳).

مطابق شکل ٤-a، مقدار ویتامین C نمونه ماست شاهد و نمونه‌های ماست حاوی عصاره‌های فلفل‌دلمه‌ای نارنجی، قرمز و زرد به‌ترتیب ٦٨، ٢٤٢٧، ٢٠٨١ و ١٥٣٠ میکروگرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه به‌دست آمد که بیانگر تأثیر قابل توجه اثر افزودن عصاره مذکور بر مقدار ویتامین C نمونه‌های ماست بود ($p<0/01$). بنابراین، نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن عصاره‌های تغلیظ شده فلفل‌دلمه‌ای یا CBPE با رنگ‌های مختلف منجر به افزایش قابل توجه ویتامین C نمونه‌های ماست می‌شود.

سیبیس و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی خواص ماست میوه‌ای حاوی آلبالو، توت فرنگی و زغال اخته،

[21] Delphinidin
[22] Pelargonidin
[23] Malvidin
[24] Cyanidin
[25] Petunidin

مقدار بالای اسید آسکوربیک (۱/۲–۱/۸ mg/100g) را در انواع ماست میوه‌ای هم‌زده تازه گزارش کردند (٤۹). نتایجی مشابه، هونگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز مقدار ویتامین C در نمونه‌های ماست حاوی عصاره فلفل‌دلمه‌ای با رنگ‌های مختلف را بسیار بالاتر از نمونه ماست شاهد (حاوی کمتر از ۱۰۰ µg/100g) گزارش نمودند (۲۳). این محققین نیز مقدار ویتامین C در ماست حاوی فلفل دلمه‌ای نارنجی (۲۲۷۰–٦٤۰ µg/100g) را بسیار بالاتر از سایر ماست‌های حاوی عصاره‌های قرمز (۱۹۲۰–٦۱۰ µg/100g) و زرد (۱۳٦۰–۱۰۰ µg/100g) گزارش کردند. چاوز–مندوزا و همکاران (۲۰۱۵) نیز مقدار ویتامین C کمتری در فلفل دلمه‌ای زرد را در مقایسه با فلفل‌های دلمه‌ای قرمز، نارنجی و سبز گزارش کردند (٤۲). در مقابل، نردی (۲۰۱۸) مقدار ویتامین C فلفل دلمه‌ای زرد، نارنجی و قرمز را به‌ترتیب ۱۵۹/٦۱، ۱۲۱/۳۸ و ۸۱/۱۹ mg/100g گزارش نمود (۵۰).



شکل ٤- تأثیر افزودن مقدار ۵درصد عصاره تغلیظ شده فلفل دلمه‌ای (CBPE) با رنگ‌های زرد، نارنجی یا قرمز (a)، زمان نگهداری (b) و اثر متقابل دو متغیر مذکور (c) بر مقدار ویتامین C نمونه‌های ماست قالبی

Figure 4. Effect of addition of 5% concentrated yellow, orange and red bell pepper extract (CBPE) (a), storage time (b) and their intraction (c) on vitamin C content of the set yogurt samples

نمودار ٤-b، تـأثیر زمـان نگهـداری را بر مقـدار ویتامین C نمونه‌های ماسـت قالبی سـاده (شـاهد) و حاوی ۵درصـد عصـاره تغلیظ شـده فلفل دلمه‌ای با رنـگ‌هـای مختلف طی مـدت ۲۱ روز نگهـداری در یخچـال نشـان می‌دهـد. مطابق با این نمودار، مقدار ویتامین C نمونه‌های ماسـت به‌طور معنی‌داری کاهش یـافت و از ۱۵۹۷ µg/100g در ابتدای زمان نگهداری بـه ۱٤٤۷ µg/100g در پایان مدت ۲۱ روز نگهداری کاهش یافت (p<۰/۰۱). سیبیس و همکاران (۲۰۱۹) نیز در نتایجی مشـابه کاهش قابل توجه ویتامین C را در انواع ماست میوه‌ای هم‌زده طی مدت ۸ هفته نگهداری در یخچال (۱±۵ درجه سـانتی‌گراد) گزارش نمودند (٤۹). این محققین مقـدارکـاهش ویتـامین C را در ماسـت‌های میوه‌ای حاوی آلبالو، توت فرنگی و زغال اختـه طی مدت ۸ هفته نگهداری به‌ترتیب حدود ٥٤، ٦۲ و ۸۲ درصـد گزارش کردنـد (٤۹). درهرحـال، همان‌گونه که در شـکل c-٤ می‌توان مشـاهده نمود، برخلـاف نمونـه‌هـای ماسـت حاوی CBPE، مقدار ویتامین C نمونه ماسـت شـاهد طی مدت نگهداری تغییر چندانی نکرد و از ۷۲ µg/100g به ٦۲ µg/100g کاهش یافت. بنزار و رگولا (۲۰۰۳) در نتایجی مشابه، مقـدارکاهش ویتامین C در ماسـت در مدت ١٤ روز نگهداری را حداکثر ۱۰درصد گزارش نمودند (٥۱).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشـان داد که استفاده از عصاره فلفل دلمه‌ای تغلیظ شـده (CBPE) در تولید ماسـت سـبب افزایش قابل توجه مقادیر فنل تام، ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست می‌شود. نتایج همچنین بیانگر تفاوت معنی‌دار از نظر اکثر پارامترهای مورد بررسـی میان نمونه‌های ماسـت حاوی CBPE با رنـگ‌هـای مختلف بود؛ بـه‌طوری کـه میزان فنل تام، ویتـامین C و میزان مهـار رادیکـال‌های آزاد به روش DPPH نمونه حاوی CBPE نارنجی به‌شکل معنی‌داری بالاتر از سـایر نمونه‌های ماست حاوی CBPE (زرد و قرمز) بود. مقادیر میانگین فنل تام، ویتامین C و میزان مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH و ABTS نمونه حـاوی CBPE نـارنـجی بـه‌ترتیـب ٥۳٤/۷۸ µg/g، ۲٤۲۷ µg/100g، ۱۱/درصـد٦۸ و ۸۹/۱۱درصـد و در نمونه ماسـت شـاهد (فاقد CBPE) ۱۲۹/٥٦ µg/g، ٦۸ µg/100g ، ۲۲/درصد۲۸ و ٤٦/٦٦درصد تعیین شد. نمونـه‌هـای مـاسـت حاوی CBPE قرمز نیز پس از CBPE نـارنجی از مقادیر بالاتر فنل تام، ویتامین C و خواص آنتی‌اکسـیدانی برخوردار بودند. براساس نتایج بـه‌دسـت آمـده، زمان نگهداری نیز اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورد بررسی داشت. به‌طورکلی با گذشت زمـان نگهدای، مقادیر فنل تام ماسـت افزایش یافت درحـالی‌کـه خواص آنتی‌اکسـیـدانی به هر دو روش DPPH و ABTS و همچنین میزان ویتـامین C کاهش یـافت. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق و خواص سـلامت‌بخش محصول، تولید و مصرف ماست حاوی CBPE به‌ویژه فلفل دلمه‌ای نارنجی توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

مقاله حاضـر بخشـی از نتایج طرح پژوهشـی کاربردی به شماره ۱/٤۱۱/۸۸٤ می‌باشد و نویسندگان مراتب قدردانی خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اعلام می‌دارند.

References

1. Jooyandeh, H. 2022. Application of enzymes in dairy products. 1st ed., Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University Press. Pp: 43-185. (In Persian)
2. Wajs, J., Brodziak, A., and Król, J. 2023. Shaping the Physicochemical, Functional, Microbiological and Sensory Properties of Yoghurts Using Plant Additives. Foods. 12(6):1275.
3. Jooyandeh, H., Momenzadeh, S., Alizadeh Behbahani, B., and Barzegar, H. 2022. Effect of *Malva neglecta* and lactulose on survival of *Lactobacillus fermentum* and textural properties of symbiotic stirred yogurt. Journal of Food Science and Technology. 60: 1136–1143.
4. Jooyandeh, H., Ghasemi, A., Hojjati, M., and Nasehi, B. 2020. Utilization of *Withania coagulans* extract as rennet replacer on color and physicochemical characteristics of ultrafilterated Iranian white cheese. Journal of Food Science and Technology. 17(99): 1-13. (In Persian)
5. Zarali, M., Hojati, M., Tahmoozi Dideh Ban, S., and Jooyandeh, H. 2016. Investigation effects of Echinophora cinerea Boiss and Stachys lavandulifolia Vahl extracts on quality and sensory attributes of Doogh. Iranian Journal of Biosystems Engineering. 46(3): 327-337. (In Persian)
6. Heydari, S., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., and Noshad, M. 2020. The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. Food Science and Nutrition. 8: 6497-6512.
7. Kouravand, F., Jooyandeh, H., Barzegar, H., and Hojjati, M. 2018. Characterization of cross-linked whey protein isolate-based films containing *Satureja khuzistanica* Jamzad essential oil. Journal of Food processing and preservation. 42(3): e13557, 1-10.
8. Jooyandeh, H., Noshad, M., and Khamirian, R.A. 2018. Modeling of ultrasound-assisted extraction, characterization and in vitro pharmacological potential of polysaccharides from *Vaccinium arctostaphylos* L. International Journal of Biological Macromolecules. 107 (part A): 938-948.
9. Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., and Hojjati, M. 2017. Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low- fat Iranian White cheese. Food Science and Nutrition. 5: 669-677.
10. Di Cagno, R., Coda, R., De Angelis, M., and Gobbetti, M. 2013. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. Food Microbiology. 33: 1-10.
11. Kantar, M.B., Anderson, J.E., Lucht, S.A., Mercer, K., Bernau, V., Case, K.A., et al. 2016. Vitamin variation in *Capsicum* Spp. provides opportunities to improve nutritional value of human diets. PLoS One. 11: e0161464.
12. Hassan, N.M., Yusof, N.A., Yahaya, A.F., Rozali, N.N.M., and Othman, R. 2019. Carotenoids of *Capsicum* fruits: Pigment profile and health-promoting functional attributes. Antioxidants. 8: 469.
13. Kim, J.S., An, C.G., Park, J.S., Lim, Y.P., and Kim, S. 2016. Carotenoid profiling from 27 types of paprika (*Capsicum annuum* L.) with different colors, shape, and cultivation methods. Food Chemistry. 201: 64-71.
14. Raikos, V., Ni, H., Hayes, H., and Ranawana, V. 2019. Antioxidant properties of a yogurt beverage enriched with Salal (*Gaultheria shallon*) berries and blackcurrant (*Ribes nigrum*) pomace during cold storage. Beverages. 5(1): 1-9.
15. Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., and Payvast, G.A. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. Journal of Functional Foods. 3: 44–49.
16. Arslan, D., and Özcan, M.M. 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. Food and Bioproducts Processing. 89: 504–513.
17. Yazdizadeh Shotorbani, N., Jamei, R., and Heidari, R. 2013. Antioxidant activities of two sweet pepper *Capsicum annuum* L. varieties phenolic extracts and the effects of thermal treatment. Avicenna Journal of Phytomedicine. 3: 25–34.

18. Thuphairo, K., Sornchan, P., and Suttisansanee, U. 2019. Bioactive compounds, antioxidant activity and inhibition of key enzymes relevant to Alzheimer's disease from sweet pepper (*Capsicum annuum*) extracts. Preventive Nutrition and Food Science. 24: 327–337.
19. Zhuang Y, Chen L, Sun L, and Cao J. 2012. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. Journal of Functional Foods. 4: 331–338.
20. Macho A, Lucena C, Sancho R, Daddario N, Minassi A, et al. 2003. Non-pungent capsaicinoids from sweet pepper. European Journal of Nutrition. 42(1): 2–9.
21. Yademellat M, Jooyandeh H, and Hojjati M. 2018. Comparison of some physiochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. Journal Food Science and Technology (Iran). 14(72): 313-326. (In Persian)
22. Marinova D, Ribarov F, and Atanassova M. 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bolgarian fruits and vegetables. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. 40(3): 255-260.
23. Hong H, Son YJ, Kwon SH, and Kim SK. 2020. Biochemical and antioxidant activity of yogurt supplemented with paprika juice of different colors. Food Science of Animal Resources. 40(4): 613-627.
24. Dehghan, N., Barzegar, H., Mehrnia, M.A., and Jooyandeh, H. 2018. Investigation on the effect of Methanolic Bene (*pistachia atlantica*) hull extract on oxidative stability of soybean oil. Innovative Food Technologies. 5(3): 499-507. (In Persian)
25. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI. 1988. Milk and Milk products– Determination of ascorbic acid (Vitamin C) in infant milk. No. 2850. 1st revision, Karaj. (In Persian)
26. Castro-Concha, L.A., Tuyub-Che, J., Moo-Mukul, A., Vazquez-Flota, F.A., and Miranda-Ham, M.L. 2014. Antioxidant Capacity and Total Phenolic Content in Fruit Tissues from Accessions of *Capsicum chinense* Jacq. (Habanero Pepper) at Different Stages of Ripening. The Scientific World Journal. ID 809073: 1-5.
27. Khalifa, S.A., and Gomaa, A.M. 2021. Effect of Anthocyanins Extracted from Peanut Skins, Roselle Calyces and Outer Peels of Onions on Quality and Colour Stability of Yoghurt Beverages during Storage. Journal of Food and Dairy Science. 12(3): 49-58.
28. Demirkol, M., and Tarakci, Z. 2018. Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. LWT- Food Science and Technology. 97: 770-777.
29. Kennas A, Amellal-Chibane H, Kessal F, and Halladj F. 2020. Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 19(1): 99-108.
30. Piljac-Žegarac J, Valek L, Martinez S, and Belšˇcak A. 2009. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. Food Chemistry. 113: 394–400.
31. Premalatha, M., Amal, B.S., and Ahmad, S.B. 2016. Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. Food Packaging and Shelf Life. 8: 1–8.
32. Korhonen, H. 2009. Milk derived bioactive peptides: From science to applications. Journal of Functional Foods. 1: 177–187.
33. Cilla, A., Perales, S., Lagarda, M.J., Barberá, R., Clemente, G., and Farré, R. 2011. Influence of storage and in vitro gastrointestinal digestion on total antioxidant capacity of fruit beverages. Journal of Food Composition and Analysis. 2: 87–94.
34. González-Larena, M., Cilla, A., and García-Llatas, G. 2012. Barberá R, and Jesús Lagarda M. Plant Sterols and Antioxidant Parameters in Enriched Beverages: Storage Stability. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 4725–4734.
35. Oliveira, A., Alexandre, E.M.C., Coelho, M., Lopes, C., and Almeida, D.P.F. 2015. Pintado, M. Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: Impact on phytochemicals and milk proteins. Food Chemistry. 171: 370–378.

36. Khamirian, R.A., Jooyandeh, H., Hesari, J., and Barzegar, H. 2018. Optimization and investigation on physicochemical, sensory and microbial quality of permeate-based probiotic lemon beverage. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 13(5): 830-843. (In Persian)
37. Tanod, W.A., Yanuhar, U., Maftuch, Wahyudi, D., and Risjani, Y. 2019. DPPH scavenging property of bioactives from soft corals origin Palu bay Central Sulawesi, Indonesia. IOP Conf Ser: Earth and Environmental Science. 236(1): 012121.
38. Arimboor, R., Natarajan, R.B., Menon, K.R., Chandrasekhar, L.P., and Moorkoth, V. 2015. Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability- a review. Journal of Food Science and Techology. 52: 1258-1271.
39. Gômez-Garcia, M.R., and Ochoa-Alejo, N. 2013. Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp). International Journal of Molecular Science. 14: 19025-19053.
40. Rumengan, A.P., Mandiangan, E.S., Tanod, W.A., Paransa, D.S.J., Paruntu, C.P. and Mantiri, D.M.H. 2021. Identification of pigment profiles and antioxidant activity of Rhizophora mucronata mangrove leaves origin Lembeh, North Sulawesi, Indonesia. Biodiversitas. 22(7): 2805-2816.
41. Kang, S.H., Yu, M.S., Kim, J.M., Park, S.K., Lee, Ch.H., Lee, H.G., and Kim, S.K. 2018. Biochemical, Microbiological, and Sensory Characteristics of Stirred Yogurt Containing Red or Green Pepper (*Capsicum annuum* cv. Chungyang) Juice. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 38(3): 451-467.
42. Chávez-Mendoza, C., Sanchez, E., Muñoz-Marquez, E., Sida-Arreola, J.P., and Flores-Cordova, M.A. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. Antioxidants. 4: 427–446.
43. Guil-Guerrero, J.L., Martínez-Guirado, C., Del Mar Rebolloso-Fuentes, M., and Carrique-Pérez, A. 2006. Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (*Capsicum annuun*) varieties. European Food Research and Technology**.** 224: 1–9.
44. Navarro, J.M., Flores, P., Garrido, C., and Martinez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. Food Chemistry. 96: 66–73.
45. Siddhuraju, P., and Becker, K. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51: 2144–2155.
46. Xiao, J., Mao, F., Yang, F., Zhao, Y., Zhang, C., and Yamamoto, K. 2011. Interaction of dietary polyphenols with bovine milk proteins: Molecular structure-affinity relationship and influencing bioactivity aspects. Molecular Nutrition and Food Research. 55: 1637–1645.
47. Ashwani K, and Dinesh K. 2016. Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* culture. Journal of Food Science and Technology. 53: 667–675.
48. Deepa, N., Kaur, C., Singh, B., and Kapoor, H.C. 2006. Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. Journal of Food Composition and Analysis. 19: 572-578.
49. Ścibisz, I., Ziarno, M., and Mitek, M. 2019. Color stability of fruit yoghurt during storage. Journal of Food Science and Technology. 56: 1997-2009.
50. Nerdy, N. 2018. Determination of Vitamin C in Various Colours of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) by Titration Method. ALCHEMY Journal Penelitian Kimia. 14: 164-177.
51. Bonczar, G., and Regula A. 2003. The influence of different amount of starter culture on the properties of yogurts obtained from ewe's milk. Food Science and Technology. 6(2): 04.