



Inhibition of non-enzymatic browning and color behavior in functional cinnamon jelly candies during storage

Boukaga Farmani¹, Zoha Sirati², Somayeh Mohammadkhani³ and Fereshteh Salmani⁴

¹Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran.

²Researcher, Etko organization, Tehran, Iran.

³MSc student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

⁴MSc student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran.

✉ Corresponding author: bfarmani@tabrizu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:

Received: November 17, 2024

Accepted: July 20, 2024

Published: October 20, 2024

Keywords:

Color changes, Whiteness index, Hue angle, Non-enzymatic browning inhibition

ABSTRACT

Background: Today, the consumption of candies, especially soft and jelly candies, is increasing and manufacturers constantly change their product formulations depending on the tastes and tendencies of consumers.

Aims: Cinnamon is one of the traditional spices with various therapeutic and food applications, and in present research, it has been used to produce jelly candy.

Methods: Cinnamon powder was added to the formulation at 5 levels (0, 0.125, 0.25, 0.375 and 0.5 g in 100 g samples). After production of cinnamon jelly candies and packaging, necessary quality tests were performed within 4 months.

Results: During time, to control the quality of samples, tests to determine pH, humidity and color space by analyzing digital images to determine their color indices (L^* , a^* , b^*), overall color change, chroma index, angle Hue, browning index and whiteness index were calculated. The results of color indices showed that jelly candies containing 0.375 g of cinnamon powder in 100 g had statistically good results during storage. A good correlation was obtained between the overall color change index and the amount of browning reduction. The decrease in color intensity (chroma index) was attributed to inhibition of non-enzymatic browning (melanoidin) formation by cinnamon powder. By increasing the amount of cinnamon in jelly candies from 0.125 g to 0.5 g, the inhibitory power of browning reaction was greatly increased. Also, the whiteness index was evaluated to control the turbidity in the samples containing cinnamon powder, which were 21.51 (0.125 g), 16.18 (0.25 g), 13.33 (0.375 g) and 2.16% (0.5 g) from the first month to the fourth month.

Conclusion: In cinnamon jelly candies, the browning index decreased from the first month to the fourth month of storage in all samples.



Extended Abstract

Introduction: Soft confectionery products known as pastilles are in the form of edible jelly and jelly candies, which are more preferred by children compared to other types of candies, because they are easily swallowed, shiny appearance, delicious taste and have an attractive color (Amjadi *et al.* 2018). There are different forms of candy, some are hard and some are soft. Soft jelly candies have a soft texture and are processed by adding gelling agents such as gelatin, carrageenan and agar (Maras *et al.* 2022). The health of jelly candies has been questioned due to the high content of absorbable carbohydrates, low fiber, as well as low protein, vitamins or antioxidants (Sedno-Pinos *et al.* 2020). In general, first qualitative feature of food that is noticed by the consumer are its appearance and color. Color is one of the important aspects of food appearance and affects their acceptability by consumers, which actually shapes the perception of food taste. The Maillard reaction starts with condensation of amino groups of proteins, peptides and amino acids with carbonyl groups present in reducing sugars and in final stage leads to the formation of colored macromolecular compounds (Lund and Ray, 2017). Cinnamon mainly contains caffeic, vanillic, gallic, ferulic, coumarin, proanthocyanidins B1 and B2 and cinnamic acid (Błaszczuk *et al.*, 2021). Many studies have shown the therapeutic effects of cinnamon, including antioxidant, antidiabetic, antimicrobial, antiviral, antifungal, antitumor, antihypertensive, antifat, digestive tract protection and immune system modulation (Hajimonfarednejad *et al.*, 2019). The unique beneficial properties of cinnamon can lead to the improvement of texture, consistency and stability during production and even increase the preservation of food (Jahanbakhshi and Ansari 2020). Also, due to the antimicrobial and antioxidant properties of cinnamon, it is widely known as a safe food preservative (Darwash *et al.* 2023). Some studies reported that cinnamon has been widely used as a flavoring agent in traditional as well as modern foods and beverages (Hilal *et al.* 2014).

This research was carried out with the aim of the effect of cinnamon powder in jelly candy to create the desired color and prevent non-enzymatic browning during production and storage.

Material and methods: To prepare cinnamon jelly candy, components were weighed with specific percentages (Figure 1). Cinnamon powder was added to the formulation at 5 levels (0, 0.125, 0.25, 0.375 and 0.5 g per 100 g of samples). First, components were weighed and then added to water at 80°C and mixed well with a magnetic heater. The prepared candy syrup was poured into hemispherical silicone molds (diameter of 37 mm and height of 15 mm) and they were placed in refrigerator for 2 h to set the gel. To prepare cinnamon jelly candy, the components were weighed with specific percentages (Figure 1). Cinnamon powder was added to the formulation at 5 levels (0, 0.125, 0.25, 0.375 and 0.5 g per 100 g of samples). First, it was weighed and then added to water at 80°C and mixed well with a magnetic heater. The prepared candy syrup was poured into hemispherical silicone molds (diameter 37 mm and height 15 mm) and placed in the refrigerator for 2 h to seal the gel. The samples were removed from the molds and dried and the humidity reached the standard range (about 21-20%) for 48 h at 30 °C. The necessary bags were packed within 4 months. Qualitative tests Determination of pH: National Standard No. 2682 was used to measure the pH of the samples (Iran National Standard No. 2682 1395). Determination of moisture content: National Standard No. 2682 was used to measure the moisture content of the samples (Iranian National Standard No. 2682 2015). Preparation of digital images and determination of color indices: Digital image method was used to measure the initial color of the samples and its changes during the storage life. The samples were placed in the Hunterlab simulator and the pictures were taken with a Canon digital camera perpendicular to the samples (with a distance of 30 cm). The images were transferred to Photoshop software and their color indices (L*, a*, b*) were determined through RGB (Dudley *et al.* 2007). Next,

overall color change (ΔE), chroma index (C) or saturation index (SI), hue angle (Hue), browning index (BI) and whiteness index (WI) were calculated (Lin et al. 2009). The Factorial experiment was in a completely random design and from variance analysis at probability level of 5% ($P < 0.05$) was used. For comparing the means with Duncan's multi-range test by SAS software (version 9.1) and graphs carried out with Excel software.

Results and discussion: All tested samples (containing cinnamon powder) have been compared with control (without cinnamon powder). The results showed that color indices of different cinnamon samples had a significant difference ($P < 0.05$) during storage. Brightness of color space (L^*) among the samples with different amounts of cinnamon powder, compared to the control, always displayed a decreasing trend (darkness) during months of storage. Even in jelly candies with a certain amount of cinnamon powder, there was a decrease in brightness. Redness of color space (a^*) among the control samples during storage had an increasing trend (redness along with reactions of browning), but in the samples with the same and different amounts of cinnamon powder, compared to the control, during storage period, it was always displayed a decreasing trend (controlling the redness of the samples or turning green). Yellowness of color space (b^*) among the control samples had an increasing trend (yellowing) during storage, but in the samples with the same and different amounts of cinnamon powder, compared to the control, there was always a decreasing trend (bluing) during storage. Seen in Table 1, it was concluded that jelly candies containing 0.375 g of cinnamon powder in 100 g of samples during storage period showed good results in terms of statistics. Also, indices such as overall color change index, chroma index, hue angle were investigated on the samples. The browning index indicated that by increasing the amount of cinnamon powder in jelly candies from 0.125 g to 0.5 g, inhibitory power of browning reaction greatly was increased. Cinnamon has a spicy and intense taste with red or dark brown color. The aroma and flavor

of cinnamon is due to the aromatic essential oil, which constitutes 0.5-1% of its compounds and there is a correlation between the dark brown color and cinnamon coumarin (Faraji *et al.*, 2023). As a result, this feature of cinnamon was used to produce natural color in jelly candy. In the prevention of non-enzymatic browning, from investigation of Figure 2 was seen that color of jelly candy in control samples reached from 91.9 in first month to 184.78 in fourth month, which was accompanied by an increase of 50.2%. A completely opposite situation was observed in jelly candies with different amounts of cinnamon powder. So that in the samples with 0.125, 0.25, 0.375 and 0.5 g of cinnamon powder, from first month to the fourth month of storage, browning index had been decreased respectively 44.7, 63.4, 48.8, 52.4%. Whiteness is another important index in measuring the amount of product color changes towards whiteness or cloudy (Lin *et al.*, 2009). The whiteness index is another important index in measuring the amount of product color changes towards whiteness and turbidity (Lin et al. 2009). As can be seen in Figure 3, the whiteness index of the control sample (without cinnamon powder) in the first month went from 41.85 to 31.12 during four months of storage, with an increase of 25.64% in turbidity or with a decrease of 64%. 25% whiteness was included. In jelly candies with different amounts of cinnamon, the rate of cloudiness has progressed slowly during the months of storage. So that in the samples with 0.125, 0.25, 0.375 and 0.5 g of cinnamon powder, from the first month to the fourth month, the whiteness index is 21.51, 16.18, 13.33, respectively. It had decreased by 2.16%. From the experiments, it can be concluded that by increasing the concentration of cinnamon powder in jelly candies, turbidity can be easily controlled.

Conclusion: Cinnamon powder concentrations were used in jelly candies to control non-enzymatic browning reactions. Investigating browning index of different treatments showed that jelly candies containing cinnamon powder had a high

inhibitory-ability on non-enzymatic browning reactions. These reactions mainly inhibit through blocking of amino agents. Another important index in measuring the amount of product color changes towards whiteness and cloudy was the whiteness index, which in jelly candies with different amounts of cinnamon powder, the rate of cloudy had progressed slowly during months of storage.

مهار قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و رفتار رنگ در آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی فراسودمند طی نگهداری

بیوک آفا فرمانی^۱✉، ضحی سیرتی^۲، سمیه محمدخانی^۳ و فرشته سلمانی^۴

^۱استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران.

^۲پژوهشگر، سازمان اتکا، تهران، ایران.

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌فناوری مواد غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ایران.

^۴دانشجوی کارشناسی ارشد تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ایران.

✉مسئول مکاتبه: bfarmani@tabrizu.ac.ir

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه مطالعاتی: امروزه مصرف آبنبات‌ها، مخصوصاً آبنبات‌های نرم و ژله‌ای در حال افزایش است و تولیدکنندگان بسته به ذائقه و گرایش مصرف‌کنندگان دائماً فرمولاسیون محصول خود را تغییر می‌دهند. **هدف:** دارچین از ادویه‌های سنتی با کاربردهای متنوع درمانی و غذایی است و در پژوهش موجود برای تولید آبنبات ژله‌ای استفاده شده است.

روش کار: پودر دارچین در ۵ سطح (۰، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵، ۰/۵ g در ۱۰۰ نمونه) به فرمولاسیون اضافه شدند. بعد از تولید آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی و بسته‌بندی، آزمایش‌های کیفی لازم طی ۴ ماه انجام شدند.

نتایج: طی زمان برای کنترل کیفیت نمونه‌ها، آزمایش‌های تعیین pH، رطوبت و فضای رنگی با آنالیز تصاویر دیجیتال برای مشخص شدن شاخص‌های رنگ آن‌ها (L^* , a^* , b^*)، تغییر رنگ کلی، شاخص کروما، زاویه هیو، شاخص قهوه‌ای شدن و همچنین شاخص سفیدی محاسبه گردید. نتایج بررسی شاخص‌های رنگی نشان داد آبنبات‌های ژله‌ای محتوی ۰/۳۷۵ g پودر دارچین در ۱۰۰ طی نگهداری از لحاظ آماری نتایج خوبی داشتند. ارتباط خوبی بین شاخص تغییر رنگ کلی و میزان کاهش روشنایی به دست آمد. کاهش شدت رنگ (شاخص کروما) به مهار تشکیل رنگ قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (ملانوئیدین) توسط پودر دارچین نسبت داده شد. با افزایش مقدار دارچین در آبنبات‌های ژله‌ای از ۰/۱۲۵ به ۰/۵ g، قدرت مهاری واکنش قهوه‌ای شدن به شدت افزایش یافته بود. همچنین شاخص سفیدی برای کنترل کدوری در نمونه‌های محتوی پودر دارچین ارزیابی شد که از ماه اول به سمت ماه چهارم، به ترتیب ۲۱/۵۱ (۰/۱۲۵ g)، ۱۶/۱۸ (۰/۲۵ g)، ۱۳/۳۳ (۰/۳۷۵ g) و ۲/۱۶ (۰/۵ g) را نشان دادند. **نتیجه‌گیری:** در آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی در همه نمونه‌ها از ماه اول به طرف ماه چهارم نگهداری، شاخص قهوه‌ای شدن کاهش یافت.

نوع مقاله:

علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۳۰

انتشار: ۱۴۰۳/۷/۲۹

کلید واژگان:

تغییرات رنگ، شاخص

سفیدی، زاویه هیو،

مهار قهوه‌ای شدن

غیرآنزیمی

مقدمه

محصولات شیرینی نرم معروف به پاستیل به شکل ژله‌ای خوراکی و آبنبات‌های ژله‌ای هستند که در مقایسه با سایر انواع آبنبات‌ها بیشتر توسط کودکان ترجیح داده می‌شوند، زیرا به راحتی بلعیده، ظاهری براق، طعم لذیذ و رنگ جذاب دارند (امجدی و همکاران ۲۰۱۸). شکل‌های مختلفی از آبنبات وجود دارد که برخی سفت و بعضی هم نرم هستند. آبنبات‌های ژله‌ای از نوع نرم و بافتی نرمی هم دارند که با افزودن مواد ژل‌کننده مانند ژلاتین، کارگینان و آگار فرآوری می‌شوند (ماراس و همکاران ۲۰۲۲). سلامت آبنبات‌های ژله‌ای به دلیل محتوای بالای کربوهیدرات‌های قابل جذب، فیبر کم و همچنین پروتئین، ویتامین‌ها و یا آنتی‌اکسیدن‌های کم زیر سوال رفته است (سدنو-پینوس و همکاران ۲۰۲۰). این نوع شیرینی‌ها ممکن است به خاطر ایجاد شدن آلایندگی‌های هنگام فرآوری و طی نگهداری مثل اکریل آمید، ۵-هیدروکسی متیل فورفورال و همچنین به خاطر استفاده از رنگ‌ها و طعم‌دهنده‌های مصنوعی، اثرات منفی بر سلامت مصرف‌کنندگان ایجاد می‌کند (موتلو و همکاران ۲۰۱۸؛ آبدل مقصود و همکاران ۲۰۱۹). رایج‌ترین استراتژی‌های مورد استفاده در بهبود فرمولاسیون آبنبات‌ها شامل جایگزینی قندها با سایر شیرین‌کننده‌ها، رنگ‌های مصنوعی با رنگ‌های طبیعی، افزودن فیبرهای غذایی، ویتامین‌ها یا مشتقات میوه و عصاره‌های گیاهی است (امجدی و همکاران ۲۰۱۸).

به طور کلی اولین ویژگی کیفی غذا که توسط مصرف‌کننده مورد توجه قرار می‌گیرد، شکل ظاهری و رنگ آن است. رنگ یکی از جنبه‌های مهم و ظاهری مواد غذایی است و بر قابلیت پذیرش آن‌ها توسط مصرف‌کنندگان تاثیرگذار است که در واقع ادراکی از طعم غذا را شکل می‌دهد (راستیاتی ۲۰۱۷). بنابراین رنگ‌های غیرطبیعی، به‌ویژه آن‌هایی که در اثر رشد میکروب‌ها یا در اثر از بین رفتن کیفیت ماده غذایی و غیره ایجاد می‌شوند قابل پذیرش توسط مصرف‌کننده نیستند (ماسکان ۲۰۰۱). اخیراً به دلیل اقدامات قانونی و نگرانی مصرف‌کنندگان، علاقمندی به گسترش رنگ‌های غذایی از منابع طبیعی به‌عنوان جایگزین رنگ‌های مصنوعی افزایش یافته است (گیوستی و ورولستاد

۱۹۹۶). آبنبات ژله‌ای شیرینی با رنگ‌های متنوع و ساختار ژلاتینی است که در تولید آن از رنگ‌های مصنوعی مجاز به عنوان افزودنی برای به‌دست آوردن ظاهری جذاب استفاده می‌شود (تامر و همکاران ۲۰۱۸). رنگ‌های مصنوعی (یا آلایندگی‌های موجود در رنگ‌ها) ممکن است سرطان‌زا و/یا نوروتوکسیک باشند (باتادا و جاکوبسون ۲۰۱۶). بنابراین، ضرورت استفاده از رنگ‌های غذایی با منشأ طبیعی برای صنایع غذایی پررنگ‌تر شده است. رنگدانه‌های طبیعی به طور گسترده به دلیل ضداسترس بودن، ارتقاءدهنده سلامتی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی به نفع مصرف‌کننده است (موهد-ناصر و همکاران ۲۰۱۸). این رنگ‌ها که از منابع بیولوژیکی به‌دست می‌آیند اکثراً دارای منشأ گیاهی هستند. رنگ‌های زیستی اصلی مواد غذایی عمدتاً کارتنوئیدها، پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، کلروفیل‌ها، بتالائین و کروسین هستند (ریمبای و همکاران ۲۰۱۱). پژوهشگران از پوست هویج، پوست چغندر قند و ساقه اسفناج به‌عنوان رنگ طبیعی در تولید آبنبات ژله‌ای برای کودکان استفاده کرده‌اند (آلگارنی ۲۰۲۰).

واکنش مایلارد در سال ۱۹۱۲ توسط لوئیس کامیل مایلارد شناسایی و به واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی معروف شد. واکنش مایلارد با تراکم گروه‌های آمینو پروتئین‌ها، پپتیدها و آمینو اسیدهای با گروه‌های کربونیل موجود در قندهای احیاکننده آغاز و باز آرایبی آمادوری رخ می‌دهد که محصولات حاصل از این مرحله بی‌رنگ هستند. در مرحله دوم دهیدراته شدن قند و تجزیه آمینو اسیدها رخ می‌دهد، محصولات حاصل از این مرحله بی‌رنگ و تا حدودی زرد هستند. در مرحله نهایی، شامل تراکم آلدول‌ها و آلدهید-آمین و تشکیل ترکیبات نیتروژن‌دار هتروسلیک است (لود و رای ۲۰۱۷). تعدادی از محصولات تولیدی در فرآیند مایلارد مانند ملانوئیدین‌ها ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و فعالیت‌های ضد میکروبی دارند در حالیکه تعداد دیگری این تولیدات مثل آکریل آمید، ۵-هیدروکسی متیل فورفورال و آمین‌های هیدروسلیک، در وقوع بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت، پوکی استخوان و بیماری‌های قلبی عروقی دخالت دارند (محامدی و قربانی ۲۰۲۰). در

که دارچین به طور گسترده‌ای به عنوان طعم‌دهنده در غذاها و نوشیدنی‌های سنتی و همچنین مدرن استفاده شده است (هلال و همکاران ۲۰۱۴).

این تحقیق با هدف تاثیر پودر دارچین در آبنبات ژله‌ای برای ایجاد رنگ مطلوب و مهار قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی طی تولید و نگهداری انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه شامل پودر دارچین (تهیه شده در آزمایشگاه و عبور داده شده از الک با مش ۶۰)، پودر ژلاتین (بلوم ۲۵۰)، سیروپ گلوکز، شکر سفید، سیتریک اسید، سترات سدیم و سایر مواد (به مقدار کم) بودند.

تهیه آبنبات ژله‌ای دارچینی فراسودمند

برای تهیه آبنبات ژله‌ای دارچینی، اجزاء با درصدهای مشخص (شکل ۱) توزین شدند. پودر دارچین در ۵ سطح (۰، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵ و ۰/۵ g در ۱۰۰ g نمونه) به فرمولاسیون اضافه شدند. ابتدا اجزاء وزن شده و سپس به آب با ۸۰ °C اضافه و با هیتر مگنت‌دار خوب مخلوط گردیدند. سیروپ آبنبات آماده شده درون قالب‌هایی سیلیکونی نیم‌کره‌ای (قطر ۳۷ mm و ارتفاع ۱۵ mm) ریخته و برای بستن ژل برای ۲ h در یخچال قرار گرفتند. نمونه‌ها را از قالب‌ها خارج کرده و برای خشک شدن و رسیدن رطوبت در محدوده استاندارد (حدود ۲۱-۲۰٪) برای ۴۸ h در ۳۰ °C نگهداری شدند. آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی فراسودمند در کیسه‌های پلاستیکی ۲ لایه غیرقابل نفوذ به هوا و رطوبت برای انجام آزمایش‌های کیفی لازم طی ۴ ماه بسته‌بندی شدند.

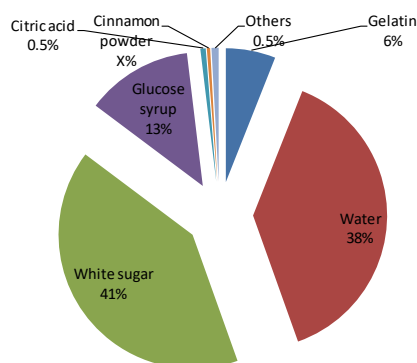


Figure 1- Percentage of ingredients to prepare functional cinnamon jelly candy.

فرآورده‌های غذایی واکنش مایلارد معمولاً طی پخت، حرارت دهی، نگهداری و سایر فرآیندها تشکیل می‌شوند (کواک و لیم ۲۰۰۴). تولیدکنندگان مواد غذایی اغلب از محصولات تولیدی این واکنش برای بهبود رنگ، بافت و افزایش عطر به منظور افزایش دلپذیری، محبوبیت و بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیکی غذاهای پخته شده و فرآورده‌های غذایی استفاده می‌کنند (باستوز و همکاران ۲۰۱۲). با این تغییرات رنگ و آرومای حاصل از واکنش‌های مایلارد همیشه مطلوب نیست. فرآیندهای قهوه‌ای شدن یک پدیده چالش برانگیز در بخش صنایع غذایی است و تاثیر قابل توجهی بر کیفیت غذا مانند بدتر شدن خواص، حس و ایمنی دارد (تینلو و لانت ۲۰۱۸).

دارچین یکی از قدیمی‌ترین ادویه‌های شناخته شده برای بشر است که در آشپزی و طب سنتی استفاده می‌شود و از پوست انواع درختان دارچین به دست می‌آید (لوکاس-گونزالز و همکاران ۲۰۲۳). گونه مورد استفاده در صنایع غذایی *Cinnamomum zeylanicum* بوده و دارچین عمدتاً حاوی اسانس (سینامالدهید، اوژنول، سینامیل استات) است و برخی ترکیبات فعال دیگر (کومارین، اسید سینامیک، پلی پروتکتئول) و همچنین ترکیبات ریز و درشت مغذی (منگنز، آهن، کلسیم و فیبر غذایی) است (راملی و همکاران ۲۰۲۱). در میان پلی-فنول‌ها، دارچین عمدتاً حاوی اسید کافئیک، وانیل، گالیک، فرولیک، کومارین، پروآنتوسیانیدین B₁ و B₂ و اسید سینامیک است (بلازچیک و همکاران ۲۰۲۱). مطالعات بسیاری اثرات درمانی دارچین شامل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضددیابتی، ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچی، ضد توموری، ضد فشار خون، ضد چربی، محافظت از دستگاه گوارش و تعدیل سیستم ایمنی بدن را نشان داده است (هاجیمین فردنژاد و همکاران ۲۰۱۹).

خواص فراسودمندی منحصر بفرد دارچین می‌تواند منجر به بهبود بافت، قوام و پایداری طی تولید و حتی افزایش نگهداری مواد غذایی شود (جهانبخشی و انساری ۲۰۲۰). همچنین با توجه به ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی دارچین، به طور گسترده به عنوان نگهدارنده غذایی ایمن شناخته می‌شود (داروش و همکاران ۲۰۲۳). برخی از مطالعات گزارش کردند

آزمایش‌های کیفی

تعیین pH

استاندارد ملی شماره ۲۶۸۲ برای اندازه‌گیری pH نمونه‌ها استفاده شد (استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۲ ۱۳۹۵).

تعیین رطوبت

استاندارد ملی شماره ۲۶۸۲ برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها استفاده گردید (استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۲ ۱۳۹۵).

تهیه تصاویر دیجیتالی و تعیین شاخص‌های رنگ

برای اندازه‌گیری رنگ اولیه نمونه‌ها و تغییرات آن طی عمر نگهداری از روش تصویر دیجیتالی استفاده شد. نمونه‌ها را در شبیه‌ساز هانتربل گذاشته و تصاویر با دوربین دیجیتالی کانن در حالت عمود بر نمونه‌ها (با فاصله ۳۰ cm) گرفته شد. تصاویر به نرم‌افزار فتوشاپ منتقل و از طریق RGB شاخص‌های رنگ آن‌ها (L^* , a^* , b^*) تعیین گردید (دادلی و همکاران ۲۰۰۷). در ادامه تغییر رنگ کلی (ΔE)^۱، شاخص کروما (C)^۲ یا شاخص اشباعیت (SI)^۳، زاویه هیو (Hue)^۴، شاخص قهوه‌ای شدن (BI)^۵ و همچنین شاخص سفیدی (WI)^۶ محاسبه گردید (لین و همکاران ۲۰۰۹).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

$$SI = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$Hue = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

$$BI = \frac{(x - 0.31)}{0.17} \times 100 \quad (5)$$

آنالیز آماری

اثر غلظت پودر دارچین (در ۵ سطح) و زمان نگهداری (۴ ماه) بر شاخص‌های رنگ، رفتار قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و سفیدی آبنبات ژله‌ای دارچینی فراسودمند بسته‌بندی شده در کیسه‌های پلاستیکی (۲ لایه‌ای غیرقابل نفوذ به هوا و رطوبت) بررسی شدند که همه آنالیزها در ۳ تکرار انجام گردیدند. آزمایش

فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بوده و برای تجزیه داده‌ها از آنالیز واریانس در سطح احتمال ۰/۰۵ ($P < 0/05$) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و نمودارها با نرم‌افزار اکسل بودند.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات پارامترهای رنگی

تغییرات مقادیر L^* , a^* , b^* به‌عنوان فضاهای رنگی طی نگهداری آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی می‌تواند اثر زمان و میزان واکنش‌های بین ترکیبات تشکیل‌دهنده محصول مانند پروتئین-ها، گلوکز و سایر اجزاء مورد استفاده در فرمولاسیون را نشان دهد (جدول ۱). در نتیجه باعث افزایش و یا کاهش در میزان رنگ کلی، شاخص شدت رنگ، زاویه هیو (قرمزی-زردی)، شاخص قهوه‌ای شدن (از طریق قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی) و شاخص سفیدی (تحت تاثیر همه واکنش‌های نمونه‌ها) شود که در نهایت بر کیفیت محصول اثرگذار است. بنابراین، به‌منظور تولید محصولی با کیفیت رنگی مناسب، می‌توان از پیش‌تیمارها و ترکیبات تیماری مختلف استفاده نمود. امروزه استفاده از ترکیبات زیست‌فعال طبیعی مانند پودر دارچین به‌خاطر خواص سلامت‌بخش و تقاضای مصرف‌کنندگان مورد توجه پژوهشگران و مطالعات قرار گرفته است.

همه نمونه‌های مورد آزمایش (محتوی پودر دارچین) با شاهد (بدون پودر دارچین) مقایسه و بررسی شده‌اند. نتایج نشان داد شاخص‌های رنگ در نمونه‌های مختلف دارچینی طی زمان نگهداری اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) داشتند. میزان روشنایی فضای رنگی (L^*) در بین نمونه‌ها با مقادیر مختلف پودر دارچین در مقایسه با شاهد، طی ماه‌های نگهداری همواره روند کاهشی (تیرگی) را نشان دادند. حتی در آبنبات‌های ژله‌ای با مقدار مشخص پودر دارچین هم روند کاهشی در میزان روشنایی داشتند. میزان قرمزی فضای رنگی (a^*) در بین نمونه‌های شاهد طی نگهداری روند افزایشی (قرمزی شدن) با انجام واکنش‌ها داشت، اما در نمونه‌های با مقادیر یکسان و مختلف

^۴Hue Angle^۵Browning Index^۶Whiteness Index^۱ ΔE ^۲Chroma^۳Saturation Index

نشان دادند. با بررسی جدول ۱ نتیجه‌گیری می‌شود که آبنبات-های ژله‌ای محتوی ۰/۳۷۵ g پودر دارچین در ۱۰۰ g نمونه‌های تهیه شده در دوره نگهداری از لحاظ آماری نتایج خوبی را نشان دادند. شاخص تغییر رنگ کلی: میزان تغییر رنگ نمونه‌ها یا میزان تیره شدن آبنبات‌های دارچینی طی نگهداری را نشان می‌دهد (دادلی و همکاران ۲۰۰۷).

پودر دارچین در مقایسه با شاهد، طی دوره نگهداری همواره روند کاهشی (کنترل قرمزی نمونه‌ها یا سبزی شدن) را نشان دادند. میزان زردی فضای رنگی (b^*) در بین نمونه‌های شاهد طی نگهداری روند افزایشی (زردی شدن) داشت، اما در نمونه‌های با مقادیر یکسان و مختلف پودر دارچین در مقایسه با شاهد، طی زمان نگهداری همواره روند کاهشی (آبی شدن) را

Table 1- Comparison of average effects of different treatments on color indices in cinnamon jelly candy

Treatments		L*	a*	b*	ΔE	Chroma	Hue Angle
Months	Cinnamon (g)						
1	0	52.67 ^{a*}	-1.67 ^k	33.67 ^c	15.87 ^l	33.72 ^d	2.25 ^d
	0.125	25 ^d	20 ^{ab}	32 ^c	46.75 ⁱ	37.74 ^c	58.04 ^{ab}
	0.25	15 ^e	17 ^{cd}	18.67 ^e	53.50 ^{gh}	25.28 ^e	30.66 ^{ab}
	0.375	10 ^{ij}	14.67 ^{ef}	10.33 ^g	54.22 ^e	17.95 ⁱ	35.20 ^{ab}
	0.5	7.33 ^{kl}	11 ^{gh}	6.67 ^{hi}	60.87 ^{abc}	12.87 ^{jk}	31.42 ^{ab}
2	0	49.33 ^{bc}	-0.33 ^{jk}	40.33 ^b	23.03 ^k	40.34 ^b	6.55 ^c
	0.125	21.67 ^e	18.33 ^{bc}	21.67 ^d	47.9 ^{li}	28.4 ^{ef}	49.81 ^{ab}
	0.25	15.33 ^g	17 ^{cd}	11 ^g	54.36 ^{fgh}	20.27 ^{hi}	32.95 ^{ab}
	0.375	10.1 ^{ij}	12.67 ^{fg}	8 ^b	55.73 ^{fg}	14.98 ⁱ	32.24 ^{ab}
	0.5	7 ^k	9 ^{hi}	5 ^{ijk}	59.33 ^{cd}	10.4 ^{lm}	28.47 ^b
3	0	47 ^{bc}	0.33 ^{jk}	42.67 ^a	23.99 ^k	42.68 ^a	29.56 ^b
	0.125	21.33 ^e	18.33 ^{bc}	21 ^d	47.33 ⁱ	27.89 ^f	48.88 ^{ab}
	0.25	13.33 ^h	14.33 ^{ef}	12.33 ^{fg}	54.96 ^{fgh}	18.93 ^{hi}	40.82 ^{ab}
	0.375	10 ^{ij}	10.67 ^{gh}	6 ^{hi}	58.49 ^{cde}	12.27 ^{kl}	29.36 ^b
	0.5	6.33 ^l	8 ⁱ	4 ^{jk}	61.9 ^a	8.97 ^m	26.47 ^b
4	0	46.33 ^c	1.33 ^j	44.33 ^a	27.64 ^j	44.36 ^a	88.32 ^a
	0.125	18 ^f	21.33 ^a	21.67 ^d	52.54 ^h	25.42 ^e	45.45 ^{ab}
	0.25	12 ^{hi}	16 ^{de}	13.67 ^f	56.57 ^f	17.2 ⁱ	40.50 ^{ab}
	0.375	8 ^{kl}	9 ^{hi}	5.33 ^{ijk}	60.15 ^{bcd}	10.47 ^{lm}	28.62 ^b
	0.5	7 ^{kl}	8 ⁱ	3 ^k	61.29 ^{ab}	8.5 ^m	20.74 ^b

*Different letters in each column indicate a significant difference at 5% probability level.

(گلوکز)، رنگ نمونه‌ها به طرف قرمزی شدن پیشرفته است. می‌توان بیان کرد که رنگ محصولات غذایی به طور قابل توجهی از مهم‌ترین ویژگی قابل پذیرش یا حسی است که در نهایت بر بازارپسندی آن تأثیر می‌گذارد (کورتی و اکونور ۲۰۱۵).

بررسی تغییرات قهوه‌ای شدن

شاخص قهوه‌ای شدن: شاخص مهم در اندازه‌گیری میزان تغییرات رنگ محصول به سمت قهوه‌ای شدن را نشان می‌دهد (دادلی و همکاران ۲۰۰۷). با توجه به شکل ۲، بررسی میزان شاخص قهوه‌ای شدن تیمارهای مختلف با غلظت‌های یکسان و متفاوت پودر دارچین، نشان از اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) بین آبنبات‌های دارچینی طی نگهداری دارد. به خاطر عدم مهار واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در نمونه‌های شاهد طی دوره نگهداری، آن‌ها همواره افزایش قهوه‌ای شدن را نشان دادند. در مقابل آبنبات‌های ژله‌ای محتوی پودر دارچین یکسان روند مهار و کاهش تشکیل واکنش‌های قهوه‌ای شدن در طول نگهداری داشتند. همچنین، حتی با افزایش مقدار پودر دارچین در آبنبات‌های ژله‌ای از $0/125$ g به $0/5$ g نیز قدرت مهار واکنش قهوه‌ای شدن به شدت افزایش یافته است. شاخص قهوه‌ای شدن یک صفت مهم برای ارزیابی میزان قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در نمونه‌های غذایی و خوراکی است. در آبنبات‌های ژله‌ای مورد بررسی عمدتاً از طریق واکنش بین عوامل آمین‌های پروتئین و آلدئیدی گلوکز در محیط اسیدی (حضور سیتریک اسید) رخ می‌دهد. در اثر این واکنش ترکیبات رنگی قهوه‌ای ماکرومولکولی همراه با ترکیبات عطر و طعم‌دار تشکیل می‌گردد که قابلیت تغییر دادن کیفیت محصولات تولیدی را دارند.

مطابق داده‌های جدول ۱، نتیجه‌گیری می‌شود رنگ همه آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی حتی شاهد طی ماه‌های نگهداری با غلظت‌های یکسان و مختلف پودر دارچین کمی تمایل به تیره شدن داشتند. نتایج حاضر ارتباط خوبی را بین شاخص تغییر رنگ کلی و میزان کاهش روشنایی (سفیدی) مشخص کرد که هر ۲ شاخص تمایل به کدر شدن داشتند.

شاخص کروما

نشان دهنده میزان اشباع شدگی و یا شدت رنگ آبنبات‌های دارچینی طی نگهداری است (دادلی و همکاران ۲۰۰۷). مطابق جدول ۱، نتیجه‌گیری می‌شود رنگ آبنبات‌های ژله‌ای شاهد طی ماه‌های نگهداری افزایش شدت رنگ داشتند، اما شدت رنگ آبنبات‌های با غلظت‌های یکسان و مختلف پودر دارچین همواره روند کاهشی یعنی کاهش شدت رنگ نشان دادند. نتایج موجود ارتباط خوبی را بین شاخص شدت رنگ و میزان قرمزی و زردی در آبنبات‌های دارچینی مشخص کرد که هر ۳ شاخص تمایل به کاهش در نمونه‌های تیماری داشتند. کاهش شدت رنگ آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی را می‌توان به مهار تشکیل رنگ قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (ملانوئیدین) و حتی برگشت واکنش توسط پودر دارچین نسبت داد که با افزایش غلظت آن، قدرت مهاری هم افزایش می‌یابد.

زاویه هیو

شاخص دیگر برای ارزیابی رنگ آبنبات دارچینی است که زاویه 0° یا 360° ، نمایانگر رنگ قرمزی و زاویه‌های 90° ، 180° و 270° ، به ترتیب نشان‌دهنده رنگ‌های زردی، سبزی و آبی می‌باشند (دادلی و همکاران ۲۰۰۷). زاویه هیو نسبت رنگ قرمزی و زردی را بین 0° الی 90° توصیف می‌کند که مقدار عددی کمتر نشان دهنده a^* (قرمزی) و بیشتر نشان‌دهنده b^* (زردی) می‌باشد (ورولستاد و اسمیت ۲۰۱۰). با توجه به جدول ۱، نتیجه‌گیری می‌شود رنگ آبنبات‌های شاهد طی ماه‌های نگهداری به طرف زردی پیشرفته است، اما رنگ آبنبات‌های ژله‌ای با غلظت‌های مختلف پودر دارچین همواره به سمت رنگ قرمزی کشیدگی داشتند. حتی در مقایسه آبنبات‌های با مقادیر یکسان دارچین هم طی نگهداری به خاطر واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی بین عوامل آمینی (پروتئین‌ها) و کربونیلی

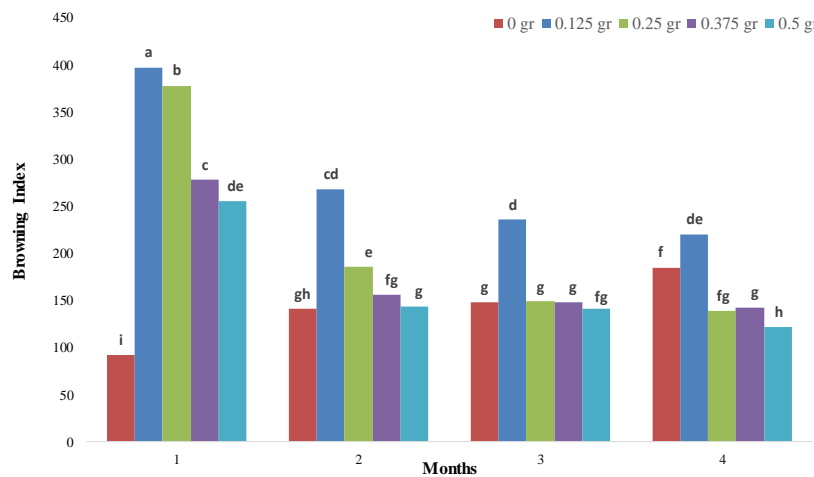


Figure 2- Changes in browning amount of samples with different treatments during shelf life

واکنش می‌توانند خواص تغذیه‌ای و توکسی‌ژنیکی مواد غذایی را تحت تاثیر قرار داده و منجر به کاهش قابل توجه استقبال مشتریان از محصولات گردند (محامدی و قربانی ۲۰۲۰). تلاش‌های زیادی برای یافتن مهارکننده‌های واکنش مایلارد در غذاهای مختلف انجام شده است. ترکیبات زیست‌فعال از جمله پلی‌فنول‌ها به دلیل گروه‌های هیدروکسیل متعدد و ساختارهای حلقه‌ای به‌عنوان عوامل ضدقهوه‌ای شدن و مهار عمل می‌کنند (مون و همکاران ۲۰۲۰).

شاخص سفیدی

از شاخص مهم دیگر در اندازه‌گیری میزان تغییرات رنگ محصول به سمت سفیدی و کدری را نشان می‌دهد (لین و همکاران ۲۰۰۹). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، نمونه شاهد (بدون پودر دارچین) شاخص سفیدی در ماه اول از ۴۱/۸۵ به ۳۱/۱۲ طی چهار ماه نگهداری رسیده بود که با افزایش ۲۵/۶۴٪ کدری یا برعکس با کاهش ۲۵/۶۴٪ سفیدی همراه بود. در آبنبات‌های ژله‌ای با مقادیر متفاوت دارچین سرعت کدری به‌گندی طی ماه‌های نگهداری پیشرفت داشته است. به طوری که در نمونه‌های با ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵ و ۰/۵ پودر دارچین از ماه اول به سمت ماه چهارم نگهداری شاخص سفیدی به ترتیب ۲۱/۵۱، ۱۶/۱۸، ۱۳/۳۳ و ۲/۱۶٪ کاهش یافته بود. از آزمایش‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد با افزایش غلظت پودر دارچین در آبنبات‌های ژله‌ای، کدری به-راحتی قابل کنترل است.

دارچین دارای طعم تند و شدید، رنگ قرمز یا قهوه‌ای تیره است. عطر و طعم دارچین به دلیل اسانس معطر است که ۱-۰/۵٪ ترکیبات آن را تشکیل می‌دهد و بین رنگ قهوه‌ای تیره و کومارین دارچین رابطه همبستگی وجود دارد (فرجی و همکاران ۲۰۲۳). در نتیجه از این ویژگی دارچین برای تولید رنگ طبیعی در آبنبات ژله‌ای استفاده شد.

مهار قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی

از بررسی شکل ۲ دیده می‌شود که رنگ آبنبات ژله‌ای دارچینی در مقایسه با شاهد دچار تحمل تغییرات شدید رنگی شده است. نتایج آزمایش در مورد نمونه‌های شاهد نشان داد شاخص قهوه‌ای شدن در ماه اول از ۹۱/۹ به ۱۸۴/۷۸ طی چهار ماه رسیده بود که با افزایش ۵۰/۲٪ همراه بود. در آبنبات‌های ژله‌ای با مقادیر متفاوت دارچین حالت کاملاً برعکس مشاهده گردید. به طوری که در نمونه‌های با ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵ و ۰/۵ پودر دارچین از ماه اول به طرف ماه چهارم نگهداری، شاخص قهوه‌ای شدن به ترتیب ۴۴/۷، ۶۳/۴، ۴۸/۸ و ۵۲/۴٪ کاهش یافته بود. حتی چنین روندی در نمونه‌های با مقدار یکسان پودر دارچین هم مشاهده شد. در نتیجه قدرت مهار و کنترل قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی نمونه‌ها با غلظت یکسان و افزایش پودر دارچین رابطه مستقیمی نشان داده است ($P < 0/05$).

واکنش‌های مایلارد منجر به تغییر رنگ غذا، خواص ارگانولپتیکی، عملکرد و قابلیت هضم پروتئین می‌شود (لوند و رأی ۲۰۱۷). جدا از تغییرات حسی، فرآورده‌های حاصل از این

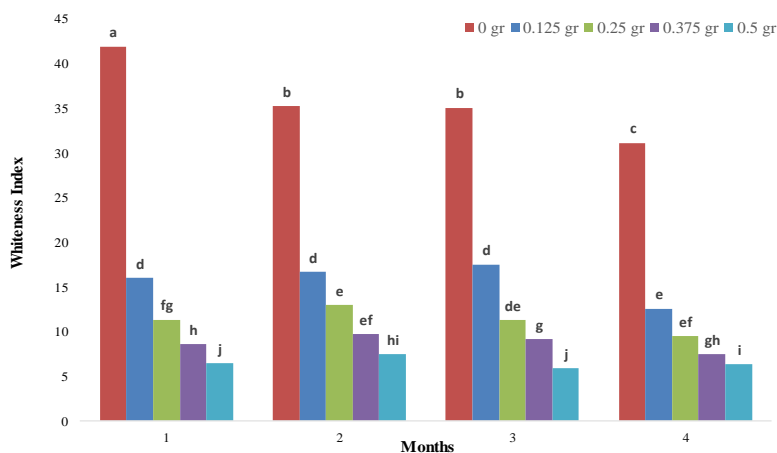


Figure 3- Changes in whiteness of samples with different treatments during shelf life

محتوی پودر دارچین قدرت مهاری بالایی بر واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی داشتند. این واکنش‌ها عمدتاً از طریق بلوکه شدن عوامل آمینی رخ می‌دهد. در آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی از ماه اول به طرف ماه چهارم نگهداری، شاخص قهوه‌ای شدن (۴۴/۷، ۶۳/۴، ۴۸/۸ و ۵۲/۴٪) کاهش یافته بود. از شاخص مهم دیگر در اندازه‌گیری میزان تغییرات رنگ محصول به سمت سفیدی و کدری، شاخص سفیدی بود که در آبنبات‌های ژله‌ای با مقادیر متفاوت دارچین سرعت کدری به کندی طی ماه‌های نگهداری پیشرفت داشته است.

نتیجه‌گیری

بررسی L^* ، a^* ، b^* به‌عنوان فضاهای رنگی همراه با تغییر کلی و شدت رنگ طی نگهداری آبنبات‌های ژله‌ای دارچینی می‌تواند میزان واکنش‌ها بین ترکیبات تشکیل‌دهنده در فرمولاسیون را نشان دهد که واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی عمده مشکلات در نمونه‌ها بودند. در آزمایش‌ها برای کنترل چنین واکنش‌ها از غلظت‌های پودر دارچین استفاده شد. بررسی میزان شاخص قهوه‌ای شدن تیمارهای مختلف نشان داد آبنبات‌های ژله‌ای

References

- Algarni EHA, 2020. Extraction of Natural Pigments from Food-Industrial Waste and their Use in the Manufacture of Jelly Candy for a Child. *World*, 9(4), 33-40.
- Abdelmaksoud TG, Mohsen SM, Duedahl-Olesen L, Elnikeety MM and Feyissa AH, 2019. Impact of ohmicsonication treatment on pectinmethylesterase in not-from-concentrate orange juice. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 3951-3956.
- Amjadi S, Ghorbani M, Hamishehkar H and Roufegarinejad L, 2018. Improvement in the stability of betanin by liposomal nanocarriers: Its application in gummy candy as a food model. *Food chemistry*, 256, 156-162.
- Ali MR, Mohamed RM and Abdelmaksoud TG, 2021. Functional strawberry and red beetroot jelly candies rich in fibers and phenolic compounds. *Food systems*, 4(2), 82-88.
- Błaszczuk N, Rosiak A and Kałużna-Czaplińska J, 2021. The potential role of cinnamon in human health. *Forests*, 12(5), 648.
- Batada A and Jacobson MF, 2016). Prevalence of artificial food colors in grocery store products marketed to children. *Clinical pediatrics*, 55(12), 1113-1119.
- Bastos DM, Monaro É, Siguemoto É and Séfora M, 2012. Maillard reaction products in processed food: pros and cons (pp. 281-300). London: INTECH Open Access Publisher.
- Cedeño-Pinos C, Martínez-Tomé M, Murcia MA, Jordán MJ and Bañón S, 2020. Assessment of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract as antioxidant in jelly candies made with fructan fibres and stevia. *Antioxidants*, 9(12), 1289.

- Dadali G, Demirhan E, Özbek B, 2007. Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25, 1713-1723.
- Darwesh OM, Eweys AS, Zhao YS and Matter IA, 2023. Application of environmental-safe fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for increasing the cinnamon biological activities. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1), 12.
- Delgado P and Bañón S, 2018. Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 1-10.
- Emilda E, 2018. Efek senyawa bioaktif kayu manis cinnamomum burmannii nees ex. Bl.) Terhadap diabetes melitus: kajian pustaka. *Journal Fitofarmaka Indonesia*, 5(1), 246-252.
- Faraji M, Shilchi P and Mahmoudi-Meymand M, 2023. Investigating the amount of coumarin in cinnamon samples as an indicator of safety and authenticity by liquid chromatography. *Advances in the Standards and Applied Sciences*, 1(3).
- Giusti MM and Wrolstad RE 1996. Radish anthocyanin extract as a natural red colorant for maraschino cherries. *Journal of food science*, 61(4), 688-694.
- Hajimonfarednejad M, Ostovar M, Raei MJ, Hashempur MH, Mayer JG and Heydari M, 2019. Cinnamon: A systematic review of adverse events. *Clinical Nutrition*, 38(2), 594-602.
- Hariri M and Ghiasvand R, 2016. Cinnamon and chronic diseases. *Drug discovery from mother nature*, 1-24.
- Helal A, Tagliacruzchi D, Verzelloni E and Conte A, 2014. Bioaccessibility of polyphenols and cinnamaldehyde in cinnamon beverages subjected to in vitro gastro-pancreatic digestion. *Journal of Functional Foods*, 7, 506-516.
- INSO 2682, 1395. Jelly Products- Specifications and Test Methods. Iranian National Standardization Organization.
- Jahanbakhshi R and Ansari S, 2020. Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder. *Journal of Food Quality*, 20, 1-11.
- Kortei NK and Akonor PT, 2015. Correlation between Hue-Angle and Colour Lightness of Gamma Irradiated Mushrooms. *Annals: Food Science and Technology*, 16(1).
- Kwak EJ and Lim SI, 2004. The effect of sugar, amino acid, metal ion, and NaCl on model Maillard reaction under pH control. *Amino acids*, 27, 85-90.
- Lin LY, Liu HM, Yu YW, Lin SD and Mau JL, 2009. Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chemistry* 112, 987-991.
- Lucas-Gonzalez R, Yilmaz B, Khaneghah AM, Hano C, Shariati MA, Bangar SP and Lorenzo JM, 2023. Cinnamon: An antimicrobial ingredient for active packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 35, 101026.
- Lund MN and Ray CA, 2017. Control of Maillard reactions in foods: Strategies and chemical mechanisms. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(23), 4537-4552.
- Maros NFS, Maros K. Y and Maros MM, 2022. Analysis Of Acceptance, Protein Contents, And Calcium In Jelly Candy With The Addition Of Moringa Leaf Powder.
- Muhammad DR, Tuenter E, Patria GD, Foubert K, Pieters L and Dewettinck K, 2021. Phytochemical composition and antioxidant activity of *Cinnamomum burmannii* Blume extracts and their potential application in white chocolate. *Food Chemistry*, 340, 127983.
- Moon KM, Kwon EB, Lee B and Kim CY, 2020. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*, 25(12), 2754.
- Mohamadi A and Ghorbani M, 2020. Analysis of the Maillard Reaction Anti-nutritional Compounds in Industrial and Traditional Food Products of Different Countries. *Food Engineering Research*, 19(2), 187-206.
- Mutlu C, Tontul SA and Erbaş M, 2018. Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. *LWT*, 93, 499-505.
- Mohd-Nasir H, Abd-Talib N, Mohd-Setapar SH, Wong LP, Idham Z, Chavez Casillas A and Ahmad A, 2018. Natural colorants from plants for wellness industry. *International journal of pharmaceutical sciences and research*, 9(3), 836-843.
- Muchuweti M, 2007. Phenolic composition and antioxidant properties of some spices M. Muchuweti, E. Kativu, CH Mupure, C. Chidewe, AR Ndhlala and MAN Benhura Department of Biochemistry, University of Zimbabwe. *Am. Journal Food Technol*, 2(5), 414-420.
- Maskan M, 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of food engineering*, 48(2), 169-175.

- Periche Á, Castelló ML, Heredia A and Escriche I, 2016. S tevia rebaudiana, Oligofructose and Isomaltulose as Sugar Replacers in Marshmallows: Stability and Antioxidant Properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 724-732.
- Ramli M, Rukayadi, Y and Samsudin NI, 2021. Potential application of bioactive compounds in essential oils from selected Malaysian herbs and spices as antifungal agents in food systems. *Food Research*, 5(4), 223-237.
- Rastiati NP, 2017. Applied Microbiology. Depok: Pt Grafindo Persada.
- Riedel R, Böhme B and Rohm H, 2015. Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1338-1344.
- Rymbai H, Sharma RR and Srivastav M, 2011. Bio-colorants and its implications in health and food industry—a review. *International Journal of Pharmacological Research*, 3(4), 2228-2244.
- Tinello F and Lante A, 2018. Recent advances in controlling polyphenol oxidase activity of fruit and vegetable products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 73-83.
- Tinello F, Mihaylova D and Lante A, 2018. Effect of dipping pre-treatment with unripe grape juice on dried “Golden Delicious” apple slices. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 2275-2285.
- Tamer CE, İncedayı B, Çopur Ö. U and Karınca M, 2018. A research on the fortification applications for jelly confectionery. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 152-157.
- Totlani VM and Peterson DG, 2005. Reactivity of epicatechin in aqueous glycine and glucose Maillard reaction models: quenching of C2, C3, and C4 sugar fragments. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4130-4135.
- Wrolstad RE and Smith DE, 2010. Colour Analysis. In: Nielson S. S. (ed): Food Analysis. str. 575-586. Springer Science + Business Media, LLC2010. New York. USA.