



The effect of hot chocolate fortification with ginger powder on its quality characteristics

Hanieh Choukari Dastjerd 1 and Abbas Jalilzadeh 2✉

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Maku Branch, Islamic Azad University, Maku, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Maku Branch, Islamic Azad University, Maku, Iran

✉ Corresponding author: jalilzadeh1387@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 2025-02-15

Accepted: 2025-05-25

Published: 2025-08-05

Keywords:

Yogurt, *Malva Sylvestris*,
Antioxidant, Phenolic,
Physic-chemical

ABSTRACT

Background: Hot chocolate (a cocoa-based beverage) has gained popularity in recent decades due to its many health benefits. During the processing of the base powder of this product, some of its nutrients are lost. Therefore, fortification would be an effective method to increase its overall nutrient content.

Aims: In this study, the effect of ginger powder for fortification of ready-to-use hot chocolate powder was evaluated.

Methods: Ginger powder was added at 0 (control), 0.2, 0.4, and 0.6% w/w to the Magush brand hot chocolate powder formulation and its overall properties were evaluated according to the product national standard, phenolic and flavonoid compounds, and antioxidant capacity.

Results: The findings showed that the addition of ginger powder had no significant effect on the appearance, moisture, total sugar, and fat of the product, but with increasing ginger powder level, total ash and acid-soluble ash increased, but its pH decreased. The highest amount of total phenolic compounds was observed in the 0.6% ginger powder sample (3015 ± 11.7) and the lowest amount was observed in the control treatment (2800 ± 10.6). Also, with increasing ginger powder, the amount of flavonoid compounds and antioxidant capacity also increased. Ginger powder, decreased the total microbial load. The highest overall acceptability score from the sensory evaluators' perspective was given to the 0.4% treatment and the lowest to the 0.6% treatment.

Conclusion: Ginger powder at a level of 0.4% can be used in the formulation for enrichment of hot chocolate without negatively affecting the sensory properties.



Extended Abstract

Introduction: Hot chocolate powder is produced and marketed in different formulations and under various brand names. The processing and production of hot chocolate base powder (cocoa powder and dark chocolate) is a multi-step process that includes fermentation, drying, roasting, grinding and refining of cocoa beans, conching and tempering of cocoa beans. During these steps, large amounts of its nutrients are lost. For example, the polyphenol content decreases by approximately 10 times. Some flavonoids are completely destroyed during the Maillard reaction. For this reason, the amount of antioxidant compounds varies from raw materials to finished products (DiMattia et al., 2017). Approximately 50% of epicatechin is lost during drying. Drying too quickly leads to the production of acetic acid, which gives off unpleasant flavors, and drying too slowly causes excessive mold growth and lack of desirable color in chocolate (Cheng et al., 2015). Anthocyanin degradation occurs during fermentation due to further hydrolysis and polymerization of dense tannins (Di Mattia et al., 2017). During fermentation, the content of epicatechin, polyphenols, and procyanidins decreases sharply. In fact, anthocyanidins become undetectable after fermentation (Zugravu and Otelea, 2019). To compensate for this high loss of phytonutrients, fortification is an effective way, and various materials have been used for fortification (Samanta et al., 2022).

Ginger is available in three forms, namely fresh ginger root, preserved ginger and dried ginger. The medicinal properties of ginger are mainly attributed to its bioactive compounds. The findings indicate the potential of ginger extract as an additive in the food and pharmaceutical industries (Shah Rajabian et al., 2019). Shaukat et al. (2023) extensively reviewed the application of ginger and its derivatives in a wide range of food products. The prominent properties that ginger imparts to various food formulations are its antioxidant and nutritional value. Flavor, acceptability, and technical-functional properties; hedonistic

and antimicrobial properties, oxidative stability, softening, and sensory properties are among the important applications of ginger in various food formulations.

Our studies show that, the addition of ginger powder to hot chocolate powder formulations has not been investigated. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of adding ginger powder at 0, 0.2, 0.4, and 0.6% to hot chocolate formulation and to investigate the amount of phenolic and flavonoid compounds, antioxidant capacity, physical and chemical, microbial, and sensory properties of the product.

Materials and Methods: The hot chocolate product (containing cocoa powder, chocolate base powder, sugar, non-dairy creamer powder, milk powder and stabilizer E410) was formulated according to the Aynaz Maku Company formulation in R&D department of Magush Coffee Factory and ginger powder (obtained from Kralchin Company in West Azerbaijan, Maku) was added to the formulation at 0 (control sample), 0.2, 0.4 and 0.6% w/w. Then, they were mixed well and packaged in metallized bags to prevent moisture penetration. The physical, chemical, sensory and microbial properties of hot chocolate were determined according to the Iranian National Standard No. 16884. Total phenolic compounds were determined by the Singleton-Rossi method [13]. The antioxidant capacity was measured based on the antiradical activity of the samples using the DPPH method and according to the method of Saviz et al. (2015). The measurement of the total flavonoid content was determined by the method of Udayaprakash et al. (2015). Total microbial count and mold and yeast, was done according to Iranian National Standard No. 5272-1 No. 10899-3 respectively [13].

Results and Discussion: The results of this study showed that adding ginger powder had no significant effect on the appearance of hot chocolate powder ($p > 0.05$) and all treatments were in accordance with the standard in terms of appearance properties and no foreign substances were observed in the samples. The

results also showed that increasing of ginger powder in the product formulation did not have a significant effect on the moisture, total sugar and fat of the product ($p>0.05$). With increasing the amount of ginger powder, the amount of total ash and acid-soluble ash increased. Also, analysis of variance showed that with increasing the amount of ginger powder, the pH value decreased. With increasing ginger powder content, TPC and flavonoid compounds increased significantly ($p<0.05$). The highest amount of total phenolic compounds was found in the 0.6% ginger powder sample (3015 ± 11.7) and the lowest amount was found in the control (2800 ± 10.6 mg GA/100g powder). The results also showed that with increasing ginger powder percentage, the amount of flavonoid compounds increased. The results of this study are consistent with the findings of Amer and Rizek (2022), who added ginger powder to snack formulations, and Aamir et al. (2023) who enriched yogurt with ginger powder. Similar results were reported by Albek and Tekin (2014), who enriched dark chocolate with ginger and cinnamon. Adding 0.6% ginger powder to hot chocolate formulation, increased antioxidant capacity to 63%.

The results showed that the effect of adding ginger powder on sensory properties of hot chocolate was significant. The highest color score was assigned to the control sample and the lowest to the 0.6% ginger powder treatment. Also, the highest taste score was given to the 0.4% treatment and the lowest to the 0.6% treatment. Ginger can affect the taste of chocolate in higher amounts due to its spicy taste. With the increase in ginger powder, the taste and flavor scores of the product increased from the sensory evaluators' perspective. The highest texture evaluation score was given to the 0.4% treatments and the lowest to the 0.6% treatment. The highest overall acceptability score was given to the 0.4% treatment and the lowest to the 0.6% treatment.

Conclusion: Hot chocolate powder is an instant drink based on cocoa powder and dark chocolate. During the processing of hot chocolate, some of its nutritional components

are lost. On the other hand, the desire to consume functional products containing bioactive compounds is also in demand by consumers. In this study, the effect of adding ginger to the formulation of ready-to use hot chocolate powder was evaluated. The results showed that adding ginger powder did not have a significant effect on the appearance, moisture, total sugar and fat of the product, but with increasing the level of ginger powder, the amount of total ash and acid-soluble ash increased. With increasing ginger powder level, the TPC and flavonoid compounds in the product increased significantly, and the highest amount of total phenolic compounds was for the 0.6% ginger powder sample (3015 ± 11.7 mg GA/100g) and the lowest amount was for the control sample (2800 ± 10.6 mg GA/100g powder). Also, with increasing ginger powder percentage, the amount of flavonoid compounds increased. Adding different percentages of ginger significantly ($P < 0.05$) increased its antioxidant activity. Adding ginger powder significantly decreased total microbial count of the product. The highest overall acceptability score from the sensory evaluators' perspective was given to the 0.4% treatment and the lowest to the 0.6% treatment. These results showed that ginger powder at a level of 0.4% can be used to fortification of hot chocolate powder in order to increase the nutritional value of product without having a negative impact on its organoleptic properties.

پژوهش‌های صنایع غذایی

شاپا الکترونیکی: ۵۶۹۱-۲۶۷۶، شاپا چاپی ۵۱۵x-۲۰۰۸

<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>



تأثیر غنی‌سازی شکلات داغ با پودر زنجبیل بر خصوصیات کیفی آن

هانیه چوکری دستجرد^۱ و عباس جلیل زاده^۲ ✉

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماکو، ماکو، ایران

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماکو، ماکو، ایران

✉ مسئول مکاتبه: jililzadeh1387@gmail.com

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله:

علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۴

انتشار: ۱۴۰۴/۵/۱۵

کلید واژه:

پودر زنجبیل، ترکیبات فنلی، غنی‌سازی، شکلات داغ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

زمینه مطالعاتی: شکلات داغ (یک نوشیدنی بر پایه کاکائو) به دلیل فواید سلامتی فراوانی که دارد در دهه‌های اخیر محبوبیت پیدا کرده است. در طی فرآوری پودر پایه‌ی این محصول، مقداری از مواد مغذی آن از بین می‌رود. بنابراین، غنی‌سازی یک روش مؤثر برای افزایش محتوای کلی مواد مغذی آن خواهد بود.

هدف: در این پژوهش تأثیر پودر زنجبیل برای غنی‌سازی پودر شکلات داغ آماده‌ی مصرف، مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش کار: در این پژوهش پودر زنجبیل در مقادیر ۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد وزنی/وزنی به فرمولاسیون پودر شکلات داغ برند ماگوش اضافه‌شده و خواص کلی آن مطابق استاندارد محصول، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: یافته‌ها نشان داد که افزودن پودر زنجبیل تأثیر معنی‌داری بر روی ظاهر، رطوبت، قند کل و چربی محصول نداشت ولی با افزایش سطح پودر زنجبیل، میزان خاکستر کل و خاکستر محلول در اسید افزایش ولی pH آن کاهش یافت. بیشترین مقدار ترکیبات فنلی کل در نمونه ۰/۶ درصد پودر زنجبیل ($11.7 \pm$) و کمترین مقدار در تیمار کنترل ($10.6 \pm$) مشاهده شد. همچنین با افزایش درصد پودر زنجبیل میزان ترکیبات فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش یافت. با افزایش درصد پودر زنجبیل، میزان بار میکروبی کاهش یافت. بالاترین امتیاز مقبولیت کلی از دیدگاه ارزیابان حسی به تیمار ۰/۴ درصد و کمترین میزان آن به تیمار ۰/۶ درصد داده شد.

نتیجه‌گیری کلی: پودر زنجبیل به میزان ۰/۴ درصد می‌تواند بدون تأثیر منفی در خواص حسی شکلات داغ، به فرمولاسیون آن جهت غنی‌سازی مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

نوشیدنی‌های شکلاتی جزو پرطرفدارترین محصولات غذایی هستند. این محصولات به صورت ساده مانند "شکلات داغ فوری" و "شکلات آماده برای نوشیدن" تولید و عرضه می‌شود. به طور کلی، نوشیدنی‌های شکلاتی از ترکیب پودر کاکائو با اجزای دیگر مانند شکلات دارک، شکر، شیر خشک و تثبیت‌کننده فرموله شده و به صورت پودر فوری عرضه می‌شوند. ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای نوشیدنی‌های بستگی زیادی به ترکیب و فرمولاسیون آن‌ها دارد. ویژگی‌های حسی مانند رنگ، طعم، حس دهان، قوام و تلخی به شدت تحت تأثیر نوع کاکائو و شکلات دارک مورد استفاده در فرمولاسیون است. چربی موجود در نوشیدنی‌هایی که آماده نوشیدن هستند، در درجه اول بر ظاهر و طعم آن‌ها تأثیر می‌گذارد و همچنین به عنوان حامل عطر و تشدیدکننده طعم عمل می‌کند. در نوشیدنی‌های فوری، شکر علاوه بر اینکه سبب شیرینی محصول می‌شود، به توسعه طعم آن نیز کمک نموده و در قوام و ساختار نوشیدنی نیز اثرگذار است که مستقیماً با تغییر رفتار جریان، بر حس دهان نیز تأثیر می‌گذارد (مازو ریواس و همکاران ۲۰۱۸).

پودر شکلات داغ در فرمولاسیون‌های متفاوت و با نمانام‌های متنوع تولید و به بازار عرضه می‌شود. فرآوری و تولید پودر پایه‌ی شکلات داغ (پودر کاکائو و شکلات دارک) یک فرآیند چندمرحله‌ای است که شامل تخمیر، خشک کردن، برشته کردن، آسیاب کردن و تصفیه کردن دانه‌های کاکائو، کانچینگ و تمپر کردن دانه‌های کاکائو می‌شود. در طول این مراحل، مقادیر زیادی از مواد مغذی آن از بین می‌رود. به عنوان مثال، محتوای پلی‌فنل تقریباً ۱۰ برابر افت می‌یابد. برخی از فلاونوئیدها طی واکنش میلارد کاملاً از بین می‌رود. به همین دلیل، مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از مواد خام تا محصولات نهایی متفاوت است (دی‌ماتیا و همکاران ۲۰۱۷). تقریباً ۵۰ درصد اپی‌کاتچین در طول خشک شدن از بین می‌رود. خشک کردن با سرعت بیشتر منجر به تولید اسید استیک می‌شود که طعم‌های نامطلوب می‌دهد و خشک کردن خیلی آهسته سبب رشد کپک زیاد و عدم وجود رنگ مطلوب در شکلات می‌شود (چنگ و

همکاران، ۲۰۱۵). تخریب آنتوسیانین در طی تخمیر به دلیل هیدرولیز و پلیمریزاسیون بیشتر تانن‌های متراکم رخ می‌دهد. در طول زمان تخمیر، محتوای اپی‌کاتچین، پلی‌فنل و پروسیانیدین به شدت کاهش می‌یابد. حتی، آنتوسیانیدین‌ها پس از تخمیر غیرقابل تشخیص می‌شوند (زوگروا و اوتلا ۲۰۱۹). برای جبران این تلفات زیاد مواد مغذی، غنی‌سازی یکی از راه‌های مؤثر است و مواد مختلفی برای غنی‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است (سامانتا و همکاران ۲۰۲۲).

زنجبیل (*Zingiber officinale Roscoe*) تک‌لپه‌ای از خانواده *Zingiberaceae* است که منشأ آن، جنوب شرقی آسیا است. اجزای اصلی زنجبیل شامل نشاسته، چربی‌ها، پروتئین‌ها و ترکیبات معدنی است. زنجبیل به سه شکل، یعنی ریشه تازه زنجبیل، زنجبیل نگهداری شده و زنجبیل خشک وجود دارد. خواص دارویی زنجبیل عمدتاً به ترکیبات گیاهی فعال آن جینجرول-۶، شوگول-۶ و زینجرول در کنار سایر فنل‌ها و فلاونوئیدها نسبت داده می‌شود. جینجرول و شوگول به طور خاص دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی هستند. هم در طب سنتی و هم در طب مدرن، زنجبیل در حدود نیمی از نسخه‌های گیاهی استفاده می‌شود. یافته‌های به دست آمده حاکی از پتانسیل عصاره زنجبیل به عنوان یک افزودنی در صنایع غذایی و دارویی است (شاه رجبیان و همکاران ۲۰۱۹). شائوکات و همکاران (۲۰۲۳)، کاربرد زنجبیل و مشتقات آن به طور گسترده در طیف گسترده‌ای از محصولات غذایی مورد بررسی قرار دادند. ویژگی‌های برجسته‌ای که توسط زنجبیل به فرمولاسیون مختلف غذایی منتقل می‌شود، ارزش آنتی‌اکسیدانی و مواد مغذی آن است. طعم، مقبولیت، و ویژگی‌های فنی-عملکردی؛ خواص لذت‌بخش و ضد میکروبی، پایداری اکسیداتیو، نرم شدن، و ویژگی‌های حسی از جمله کاربردهای مهم زنجبیل در فرمولاسیون مواد غذایی مختلف است.

مطالعات نشان می‌دهد که تاکنون، افزودن پودر زنجبیل به فرمولاسیون پودر شکلات داغ مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف این تحقیق، بررسی تأثیر افزودن پودر زنجبیل به میزان ۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد به فرمولاسیون شکلات داغ و

بررسی میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، میکروبی و حسی محصول بود.

مواد و روش‌ها

مواد

پودر شکلات داغ برند ماگوش (حاوی پودر کاکائو، پودر پایه‌ی شکلات، شکر، پودر خامه‌ای کننده‌ی غیر لبنی، شیر خشک و پایدارکننده E410) از شرکت آیناز ماکو (برند قهوه ماگوش)، پودر زنجبیل از شرکت کراچین (آذربایجان غربی، ماکو)، تمامی مواد شیمیایی و معرف‌ها از شرکت مرک آلمان و حلال‌ها با بالاترین خلوص تهیه شدند.

روش آماده‌سازی تیمارها

ابتدا محصول شکلات داغ مطابق فرمولاسیون شرکت آیناز ماکو در واحد تحقیق و توسعه شرکت آیناز ماکو (کارخانه قهوه ماگوش) فرموله شده و پودر زنجبیل به میزان ۰ (نمونه کنترل)، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد وزنی -وزنی به فرمولاسیون پودر شکلات داغ اضافه شد. سپس در یک مخلوط‌کن، مخلوط شده و در پاکت‌های متالایز به‌منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت بسته‌بندی شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، حسی و میکروبی شکلات داغ مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۸۸۴ انجام شد (استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۹). مطابق این استاندارد، برای اندازه‌گیری رطوبت از روش آون در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد، برای اندازه‌گیری قند کل از روش فهلینگ استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان چربی از روش رزگاتلیب با اندکی اصلاح استفاده شد. به‌این‌ترتیب که ۲ گرم از نمونه مورد آزمون را (پس از توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، ساخت شرکت ساتریوس آلمان) به یک ظرف استخراج چربی موژونیر انتقال داده و با ۱۰ میلی‌لیتر آب گرم رقیق شد. سپس ۱ میلی‌لیتر محلول آمونیاک به نمونه افزوده و خوب مخلوط گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک اضافه شده و پس از مخلوط کردن، ۲۵ میلی‌لیتر دی اتیل اتر افزوده شد و به مدت

۳۰ ثانیه تکان داده و نهایتاً ۲۵ میلی‌لیتر پترولیوم اتر اضافه نموده و دوباره به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شد. ظرف موژونیر و محتوی آن را ساکن نگه‌داشته شد تا دو فاز شده و لایه‌ها به‌طور کامل از هم جدا شدند. لایه مخلوط اتر و چربی رویی به یک ارلن مایر که قبلاً به وزن ثابت رسیده (M₁) و توزین شده بود منتقل گردید. مجدداً لایه زیرین باقیمانده در ظرف موژونیر، دو بار دیگر و هر مرتبه با ۱۵ میلی‌لیتر دی اتیل اتر و ۱۵ میلی‌لیتر پترولیوم اتر عصاره‌گیری شد (پس از هر بار افزودن حلال به مدت ۳۰ ثانیه، محتوی ظرف موژونیر تکان داده شد). هر بار ظرف را ساکن نگاه داشته و لایه رویی به ارلن منتقل گردید. ارلن محتوی حلال و چربی را بر روی حمام بخار تا تبخیر کامل حلال به‌آرامی حرارت داده و در آخر به کمک اتوی تنظیم‌شده در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس، باقیمانده حلال را تبخیر نموده تا ارلن خشک شود و به وزن ثابت برسد (M₂). مقدار چربی موجود در صد گرم نمونه مورد آزمایش با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

$$\text{درصد چربی} = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100$$

که در آن:

M₁ = وزن ارلن مایر که به وزن ثابت رسیده، به گرم.

M₂ = وزن ارلن مایر دارای چربی، به گرم.

M = وزن نمونه مورد آزمایش، به گرم.

مطابق استاندارد برای اندازه‌گیری خاکستر از روش کوره به دمای ۵۲۵ درجه سانتی‌گراد و برای اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر مدل HANNA ساخت شرکت METHROM سوئیس استفاده شد.

برای ارزیابی خواص حسی محصول از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای به‌این‌ترتیب که مقدار ۲۵ گرم از آزمون در یک ۲۴۰ میلی‌لیتر آب بدون کلر، سبک که تازه به جوش آمده بود، ریخته و مخلوط به‌خوبی هم زده شد. دمای شکلات داغ در هنگام نوشیدن آن باید ۶۰±۲ درجه سلسیوس باشد.

برای مقایسه بین تیمارهای مختلف، ده نفر ارزیاب آموزش‌دیده، خصوصیات موردنظر را مورد ارزیابی قرار دادند. ارزیابی حسی روی نمونه‌های مختلف نوشیدنی، بر اساس ویژگی‌های کیفی رنگ، طعم و مزه، عطر، قوام و مقبولیت کلی انجام شد. برای

نمره دهی مقیاس هدونیک ۵ امتیازی استفاده شد که از خیلی بد (۱) تا خیلی خوب (۵) متغیر بود.

اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنلی کل

اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنلی کل با روش Singleton-Rossi (۱۹۶۵) و رزاقی و همکاران (۱۴۰۳) تعیین شد. به این ترتیب که ۰/۲ میلی‌لیتر از یک نمونه با ۱ میلی‌لیتر معرف FolinCiocalteau که قبلاً در آب مقطر رقیق شده بود (۱:۱۰) و ۰/۸ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد (w/v) مخلوط شد. جذب، پس از ۳۰ دقیقه در ۷۶۵ نانومتر بر روی اسپکتروفوتومتر (UV-Visible مدل ۶۳۰۵، ساخت انگلستان) قرائت شد. نتایج به صورت میلی‌گرم اسید گالیک (GAE) بر صد گرم نمونه بیان شد.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس فعالیت ضد رادیکالی نمونه‌ها با استفاده از روش DPPH و طبق روش ساویز و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفت. بدین ترتیب که ۱۰۰ میکرو لیتر از نمونه‌ها به ۱۰ میلی‌لیتر محلول DPPH با غلظت (۱۰۰ میکرومولار) در متانول اضافه گردید و به شدت تکان داده شد. بعد از ۳۰ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای ۲۷°C، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر مقابل عصاره شاهد خوانده شد. در این آزمایش از TBHQ با غلظت 100ppm به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (ساویز و همکاران، ۲۰۱۵):

$$I\% = (A_{Blank} - A_{Sample} / A_{Blank}) \times 100$$

اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فلاونوئیدی

اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل، با روش Udayaprakash و همکاران (۲۰۱۵) تعیین شد. به این ترتیب که ۵ میلی‌لیتر از کلرید آلومینیوم ۰/۱ مولار با ۲۰۰ میکرو لیتر عصاره مخلوط شد. مقدار جذب پس از انکوباسیون به مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق در ۴۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. محتوای کل فلاونوئید به صورت میلی‌گرم معادل کوئرستین در هر گرم وزن خشک

(mg QE/g100 DW) نمونه با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین بیان شد.

روش آزمون ویژگی‌های میکروبیولوژی

آماده‌سازی نمونه‌ها

برای آماده‌سازی نمونه‌ها از استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۸۹۲۳ استفاده شد. به این ترتیب که در شرایط اسپتیک، فرآورده پودری را به طور کامل در ظرف اولیه با استفاده از کاردک یا قاشق سترون مخلوط شده و سپس توزین شدند. برای کاهش شوک اسمزی به میکروفلور فرآورده، به حجمی از رقیق کننده (آب پیتونه بافری) که از قبل در ظروف سترون توزیع شده بود، با دقت اضافه گردید (استاندارد ملی ایران شماره ۴-۸۹۲۳-۱۳۹۷).

شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر

برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها از استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۲۷۲ و برای شمارش کپک و مخمر از استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۰۸۹۹ استفاده شد (استاندارد ملی ایران ۱۳۹۳).

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شد. تجزیه و تحلیل آماری با روش آنالیز واریانس یکطرفه با استفاده از نرم افزار SPSS (ورژن ۲۷.۰.۱، IBM) صورت گرفت. از پس آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2020 انجام شد.

نتایج و بحث

خواص فیزیکی و شیمیایی محصول

نتایج تأثیر پودر زنجبیل بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر شکلات داغ در جدول ۱ خلاصه شده است. نتایج نشان داد که افزودن پودر زنجبیل تأثیر معنی داری بر روی ظاهر پودر شکلات داغ نداشت ($p > 0.05$) و تمامی تیمارها از لحاظ خواص ظاهری مطابق با استاندارد بودند و هیچ گونه مواد خارجی در نمونه‌ها مشاهده نشد. همچنین نتایج نشان داد که با

افزایش سطح پودر زنجبیل در فرمولاسیون محصول، تأثیری معنی‌داری بر رطوبت، قند کل و چربی محصول نداشت ($p>0.05$).

یافته‌ها نشان داد که با افزایش مقدار پودر زنجبیل، میزان خاکستر کل و خاکستر محلول در اسید افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه زنجبیل نسبت به سایر اجزای شکلات داغ مواد معدنی بیشتری دارد، خاکستر کل و خاکستر محلول در اسید محصول نیز بالاتر خواهد بود. همچنین آنالیز واریانس نشان داد که با افزایش مقدار پودر زنجبیل مقدار pH کاهش یافت. بیشترین

مقدار مربوط به نمونه کنترل و کمترین مقدار pH مربوط به تیمار ۰/۶ درصد پودر زنجبیل مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های آلبک و تکین (۲۰۱۴) که پودر دارچین، پوست لیمو و زنجبیل را به فرمولاسیون شکلات تلخ اضافه کردند تا حدود زیادی مطابقت دارد. نتایج مشابهی توسط آرویون و همکاران (۲۰۱۹) که ادویه‌های مختلفی را از جمله پودر زنجبیل به فرمولاسیون شکلات تلخ اضافه کردند، گزارش شده است.

Table 1. Effect of ginger on physical and chemical properties of hot chocolate powder

Treatment	Apperance	Moisture	Total sugar	Fat	Ash	Acid-soluble ash	pH
0 % (Control)	Acceptable	1.6 ± 0.3 ^a	58.1 ± 1.1 ^a	7.1 ± 0.2 ^a	2.2 ± 0.3 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	7.55 ± 0.01 ^b
0.2 %	Acceptable	1.65 ± 0.2 ^a	57.6 ± 1.8 ^a	6.8 ± 0.4 ^a	2.3 ± 0.2 ^a	0.12 ± 0.02 ^{ab}	7.52 ± 0.02 ^a
0.4 %	Acceptable	1.62 ± 0.4 ^a	56.4 ± 1.5 ^a	6.9 ± 0.3 ^a	2.5 ± 0.1 ^b	0.15 ± 0.03 ^b	7.50 ± 0.01 ^a
0.6 %	Acceptable	1.65 ± 0.5 ^a	57.1 ± 1.6 ^a	6.8 ± 0.3 ^a	2.7 ± 0.1 ^c	0.17 ± 0.03 ^b	7.39 ± 0.02 ^a

The letters shown in each column indicate a statistically significant difference ($P<0.05$) among the treatments

ترکیبات فنلی کل، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تأثیر پودر زنجبیل بر میزان ترکیبات فنلی کل و فلاونوئیدی در شکل ۱ آورده شده است. با افزایش مقدار پودر زنجبیل میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی محصول به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت. بیشترین مقدار ترکیبات فنلی کل مربوط به نمونه ۰/۶ درصد پودر زنجبیل (30.15 ± 11.7 mgGA/100 g) و کمترین مقدار مربوط به نمونه کنترل (28.00 ± 10.6) بود. همچنین نتایج نشان داد که

با افزایش درصد پودر زنجبیل میزان ترکیبات فلاونوئیدی افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش با یافته‌های آمر و ریزک (۲۰۲۲)، پودر زنجبیل را به فرمولاسیون اسنک اضافه کردند و همچنین آامیر و همکاران (۲۰۲۳) ماست را با پودر زنجبیل غنی‌سازی کردند مطابقت دارد. نتایج مشابهی توسط آلبک و تکین (۲۰۱۴) که شکلات دارک را با زنجبیل و دارچین غنی‌سازی کردند گزارش شده است.

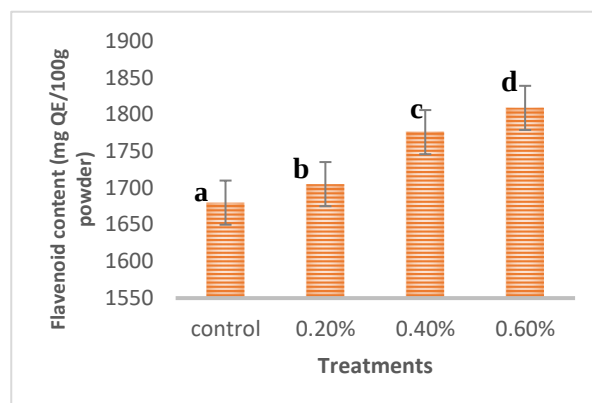
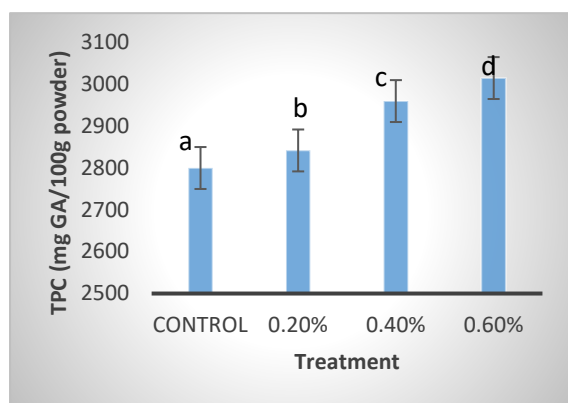


Figure 1. Effect of ginger powder on TPC and flavonoid compounds in hot chocolate
Different lowercase letters indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) between treatments

گلوکاتیون در دسترس‌ترین نوع تیول در سلول‌های حیوانی است و در مکانیسم سم‌زدایی سلولی در برابر مواد مضر و مدیریت اکسیداسیون و احیای درون‌سلولی نقش دارد (شائوکات و همکاران، ۲۰۲۳).

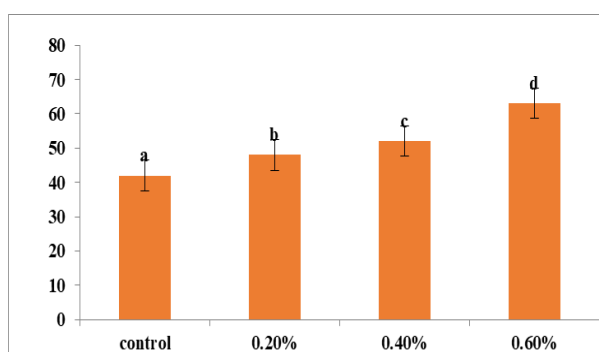


Figure 2. Effect of ginger powder on the antioxidant capacity of hot chocolate

Different lowercase letters indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) between treatments

نتایج نشان داد که پودر شکلات داغ به‌عنوان نمونه کنترل به علت دارا بودن مقدار قابل‌توجهی پودر کاکائو و شکلات دارک در فرمولاسیون خود، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی ($42/32 \pm 0/2$) بود که با افزودن درصدهای مختلف زنجبیل به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن افزایش یافت. بیشترین فعالیت بازدارندگی شکلات داغ برای تیمار حاوی ۰/۶ درصد پودر زنجبیل ($63 \pm 1/5$ درصد) مشاهده شد. در مطالعه‌ای که آمر و ریزک (۲۰۲۲) پودر زنجبیل و

هرگونه اختلال یا تنظیم سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی سلول می‌تواند منجر به تولید بیش‌ازحد گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و درنهایت افزایش استرس اکسیداتیو شود. برای بازیابی سطوح نرمال رادیکال‌های آزاد و استرس اکسیداتیو، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مختلفی برای خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و مواجهه با استرس اکسیداتیو برای پیشگیری از اختلالات مختلف سلامت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. حفظ سطح نرمال ROS در یک موجود زنده برای عملکرد طبیعی بسیار مهم است، که می‌تواند از طریق ارائه اتم‌های هیدروژن یا الکترون‌ها به رادیکال‌های آزاد برای جلوگیری از تولید ROS و تبدیل آن‌ها به کمپلکس‌های لپیدی آنتی‌اکسیدانی یا محصولات پایدار حرارتی به دست آید. ترکیبات زیست فعال زنجبیل دارای پتانسیل آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی برای بازیابی یا حفظ سطوح استرس اکسیداتیو طبیعی هستند. تجویز خوراکی روزانه ۶-جینجرول (۵۰ تا ۷۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) به موش به مدت سه هفته باعث افزایش سطح گلوکز خون، کاهش استرس اکسیداتیو و همچنین بهبود سیگنال دهی انسولین آن‌ها شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر شوگاولها به ترتیب $89/01 \pm 0/6$ درصد و $90/2 \pm 0/11$ درصد برای ABTS و DPPH ثبت شد. بالاترین پتانسیل آنتی‌اکسیدانی shogaol-۶ در مقایسه با سایر فنل‌های زنجبیل به دلیل وجود یک گروه عملکردی خاص (α ، β -کربونیل غیراشباع) است که به‌طور مؤثر در تنظیم گلوکاتیون نقش دارد.

خواص حسی

زنجبیل به‌عنوان یک ادویه فراسودمند در فرمولاسیون مواد غذایی مختلف، ازجمله محصولات گوشتی، ماست، بستنی، شکلات تلخ، نان و بسیاری از فراورده‌های غذایی به شکل‌های مختلف مانند، خمیر، عصاره و پودر مورد استفاده قرار گرفته است. میزان استفاده از این ماده ارزشمند به‌خصوصیات طعمی آن برمی‌گردد. زنجبیل حاوی اسانس‌ها و اولئورزین‌هایی است که طعمی قوی، ترش و تند ایجاد می‌کنند. ویژگی‌های حسی زنجبیل به دلیل ترکیبات فراری مانند مونوترپنوئیدها، سزکوئی‌ترپنوئیدها، ترکیبات فنلی و الکل‌های مشتق شده از آن، استرها، آلدئیدها، لاکتون‌ها و کتون‌ها است. ترکیبات فرار اسانس زنجبیل عمدتاً از سسکوئی‌ترپنوئیدها- α (زینگیرن، بتسکیفلاندرن، بتا-بیزابولن، α -فارنسن، α -کورکومن، زینگیرول (و مقدار کمی مونوترپنوئیدها- β) فلاندرن، کامفن، سینول (و مقدار کمی از اوژنول، ژرانیول، کورکومن، سیترال، ترپینول و بورنئول، و دیترپنوئیدها تشکیل شده است. درحالی‌که اولئورزین‌های به‌دست‌آمده با حلال‌های مختلف حاوی اوژنول، زینگرون، ترانس-۶-شوگائول و ژرانیال به‌عنوان ترکیبات اصلی هستند. از سوی دیگر، جینجرول‌ها، شوگاول‌ها و زینجرون که ترکیبات مسئول تندی زنجبیل هستند (برستیان‌بائوزا و همکاران، ۲۰۱۹).

خصوصیات طعمی زنجبیل می‌تواند تحت تأثیر ترکیبات موجود در فرمولاسیون ماده غذایی مورد هدف قرار گیرد. نتایج تأثیر افزودن پودر زنجبیل بر فرمولاسیون پودر شکلات داغ در شکل ۴ آورده شده است.

زردچوبه را به فرمولاسیون پفک اضافه کردند نتایج مشابهی حاصل شد.

شمارش کلی میکروبی و کپک و مخمر

تأثیر پودر زنجبیل بر شمارش کلی میکروبی پودر شکلات داغ در شکل ۳ آمده است. داده‌های نشان داد که بار میکروبی بین تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار است. بالاترین میزان بار میکروبی در تیمار کنترل و کمترین میزان آن در تیمار ۰/۴٪ مشاهده گردید. مقایسه نتایج آزمایش نشان داد با افزایش درصد پودر زنجبیل، میزان بار میکروبی کاهش یافت. نتایج نشان داد که پودر زنجبیل که به‌صورت پرتودهی شده تهیه‌شده بود دارای خواص ضد میکروبی می‌باشد و توانست بار میکروبی محصول را کاهش دهد. این نتایج با یافته‌های آمر و ریزک (۲۰۲۲) و همچنین با یافته‌های نویتا و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. با توجه به ماهیت محصول و رطوبت پایین آن، کپک و مخمر در هیچ‌یک از نمونه‌ها مشاهده نشد.

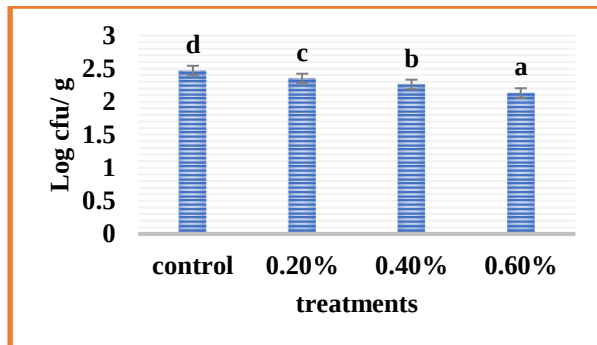


Figure 3. Effect of ginger powder on the total microbial count of hot chocolate

Different lowercase letters indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) between treatments

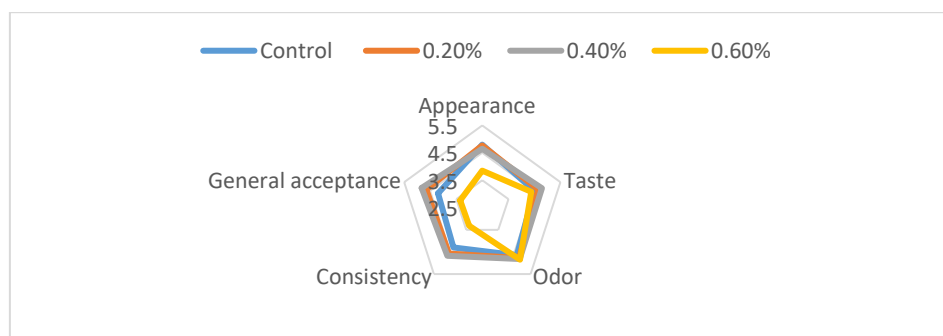


Figure 4. Effect of ginger powder on the sensory properties of hot chocolate powder

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر افزودن مغذی زنجبیل به فرمولاسیون پودر شکلات داغ آماده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن پودر زنجبیل تأثیر معنی‌داری بر روی ظاهر، رطوبت، قند کل و چربی محصول نداشت ولی با افزایش سطح پودر زنجبیل، میزان خاکستر کل و خاکستر محلول در اسید افزایش یافت. با افزایش مقدار پودر زنجبیل مقدار pH کاهش یافت. با افزایش سطح پودر زنجبیل میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی محصول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار ترکیبات فنلی کل مربوط به نمونه ۰/۶ درصد پودر زنجبیل (11.7 ± 3.15) و کمترین مقدار مربوط به نمونه کنترل (۱۰/۶ ± 2.80) بود. همچنین با افزایش درصد پودر زنجبیل میزان ترکیبات فلاونوئیدی افزایش یافت. با افزودن درصدهای مختلف زنجبیل به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن افزایش یافت. بیشترین فعالیت بازدارندگی شکلات داغ برای تیمار حاوی ۰/۶ درصد پودر عناب (1.5 ± 63 درصد) مشاهده شد. افزودن پودر زنجبیل تأثیر معنی‌داری بر بار میکروبی محصول نداشت. با افزایش درصد پودر زنجبیل، میزان بار میکروبی کاهش یافت. تأثیر افزودن پودر زنجبیل در تمامی خصوصیات حسی شکلات داغ معنی‌دار بود. بالاترین امتیاز مقبولیت کلی از دیدگاه ارزیابان حسی به تیمار ۰/۴ درصد و کمترین میزان آن به تیمار ۰/۶ درصد داده شد. این نتایج نشان داد که پودر زنجبیل در سطح ۰/۴ می‌تواند برای غنی‌سازی پودر شکلات داغ بدون داشتن تأثیر منفی در خواص ارگانولپتیکی آن مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج پژوهش نشان داد که، تأثیر افزودن پودر زنجبیل در تمامی خصوصیات حسی شکلات داغ معنی‌دار بوده است. بالاترین امتیاز رنگ به تیمارهای کنترل و کمترین میزان آن به تیمارهای ۰/۶ درصد پودر زنجبیل اختصاص یافت. پودر زنجبیل به دلیل داشتن میزان فیبر بالا حلالیت کمتری در محصول داشت و الیاف آن در اختصاص امتیاز رنگ و ظاهر تأثیر منفی داشت. همچنین بالاترین امتیاز طعم و مزه به تیمار ۰/۴٪ و کمترین میزان آن به تیمار ۰/۶٪ داده شد. زنجبیل به خاطر مزه تند که دارد، در مقادیر بالاتر می‌تواند طعم شکلات را تحت تأثیر قرار دهد. تجزیه واریانس نشان داد که، امتیاز عطر و بوی تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار بود. با افزایش پودر زنجبیل امتیاز طعم و بوی محصول از دیدگاه ارزیابان حسی افزایش یافت. امتیاز بافت یا قوام تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ از دیدگاه ارزیابان حسی معنی‌دار بود. بالاترین امتیاز ارزیابی بافت به تیمارهای ۰/۴ درصد کمترین میزان آن به تیمار ۰/۶ درصد داده شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که مقبولیت کلی تیمارهای مختلف آزمایش در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار هست. بالاترین امتیاز مقبولیت کلی به تیمار ۰/۶ درصد و کمترین میزان آن به تیمار ۰/۶ درصد داده شد.

References

- Aamir M, Arshad A, Afzaal M, Rakha A, Jalel Mahsen Oda N, Nadeem M, & Asif Shah M. (2023). Physicochemical and sensory profile of spiced yogurt as affected by ginger supplementation. *International Journal of Food Properties*, 26(2), 2732-2741.
- Albak F, & Tekin A R, (2015). Effect of cinnamon powder addition during conching on the flavor of dark chocolate mass. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1960-1970.
- Amer S A, & Rizk A E, (2022). Production and evaluation of novel functional extruded corn snacks fortified with ginger, bay leaves and turmeric powder. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1), 4.
- Aroyeun S, Okunade A, Obatoye A & Adeniran M O, (2019). Nutritional profile and organoleptic qualities of milk chocolate incorporated with different spices. *Asian J. Agric. Food Sci*, 13, 1-8.

- Beristain-Bauza S D C, Hernández-Carranza P, Cid-Pérez, T S, Ávila-Sosa R, Ruiz-López I I, & Ochoa-Velasco C E, (2019). Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) and its application in food products. *Food Reviews International*, 35(5), 407-426.
- Cheng H, Wei K, & Wang L, (2015). The impact of variety, environment and agricultural practices on catechins and caffeine in plucked tea leaves. In *Processing and Impact on Active Components in Food* (pp. 597-603). Academic Press.
- Di Mattia C D, Sacchetti G, Mastrocola D, & Serafini M, (2017). From cocoa to chocolate: The impact of processing on in vitro antioxidant activity and the effects of chocolate on antioxidant markers in vivo. *Frontiers in Immunology*, 8, 1207.
- Iranian National Standard No. 1-5272. First edition. (2013). Food chain microbiology. Comprehensive method for enumeration of microorganisms. Part 1: Colony count at 30 °C using mixed culture method.
- Iranian National Standard No. 16884. First revision. (2010). Hot chocolate powder – characteristics and test methods.
- Iranian National Standard No. 4-8923. Second revision (2018). Microbiology of food and animal feed. Preparation of test samples, initial suspensions and decimal dilutions for microbiological testing. Part 4: Special provisions for the preparation of miscellaneous products.
- Mazo Rivas J C, Dietze M, Zahn S, Schneider Y, & Rohm H, (2018). Diversity of sensory profiles and physicochemical characteristics of commercial hot chocolate drinks from cocoa powders and block chocolates. *European Food Research and Technology*, 244, 1407-1414.
- Mukhtiningrum T A, Fauza G, Ariviani S, Muhammad D R, & Affandi D R, (2022). Sensory profile analysis of chocolate drinks using quantitative descriptive analysis (QDA). In *E3S Web of Conferences* (Vol. 344, p. 04005). EDP Sciences.
- Novita R, Kasim A, Nurdin H, Utama R S, & Putri N E, (2022, October). A Quality and Economic Analysis of Non-fermented Chocolate Seeds, Young Surian Leaves, and Ginger on Chocolate Drink Formulas. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1097, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- Razzaghi A, Sedaghati M, and Beigmohammadi Z, (2014). Investigation of the physicochemical and antioxidant properties of functional yogurt containing Pansy extract, *Food Industry Research/Volume 35*, No. 1, 2014, 1-14.
- Samanta S, Sarkar T, Chakraborty R, Rebezov M, Shariati M A, Thiruvengadam M, & Rengasamy K R, (2022). Dark chocolate: An overview of its biological activity, processing, and fortification approaches. *Current Research in Food Science*, 5, 1916-1943.
- Saviz A, Esmaeilzadeh Kenari R, & Khalilzadeh Kelagar M A, (2015). Investigation of cultivate zone and ultrasound on antioxidant activity of Fenugreek leaf extract. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4(11S), 174-181.
- Shahrajabian M H, Sun W, & Cheng Q, (2019). Clinical aspects and health benefits of ginger (*Zingiber officinale*) in both traditional Chinese medicine and modern industry. *Acta agriculturae scandinavica*, section b—Soil & Plant Science, 69(6), 546-556.
- Shaukat M N, Nazir A, & Fallico B, (2023). Ginger bioactives: A comprehensive review of health benefits and potential food applications. *Antioxidants*, 12(11), 2015.
- Singleton V L, & Rossi J A, (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Udayaprakash N K, Ranjithkumar M, Deepa S, Sripriya N, Al-Arfaj A A, & Bhuvaneswari S, (2015). Antioxidant, free radical scavenging and GC–MS composition of *Cinnamomum iners* Reinw. ex-Blume. *Industrial Crops and Products*, 69, 175-179.
- Zugravu C, & Otelea M R, (2019). Dark chocolate: To eat or not to eat? A review. *Journal of AOAC International*, 102(5), 1388-1396.