Archive of SID
DOI: 10.22059/ijbse.2019.276173.665164 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۶۷۰-۶۵۷)

The effect of the Sugar Replacement with Stevia and Adding Chia Seed Flour and Chickpea Protein Isolated on Qualitative and Rheological Properties of Gluten-Free Muffin Prepared from Rice Flour

FATEMEH KOUSARI[1], ZAHRA DEMAM JOMEH[2], MOHAMMAD SAEID YARMAND[3*]

1. MSc. Student, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, College and Agricultural and natural Resource, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, College and Agricultural and natural Resource, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, College and Agricultural and natural Resource, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Feb. 17, 2019- Revised: June. 12, 2019- Accepted: June. 18, 2019)

ABSTRACT

Celiac Disease (CD) is a type of autoimmune gastrointestinal disorder that develops as a patient's inability to digest gluten in food. The only treatment of this disease is a gluten-free diet throughout one's life. Therefore, considering the production of high quality gluten-free food production for these patients is important. The aim of this study was to investigate the effect of sugar replacement with stevia at (0, 0.5 and 1 levels) and Chia Seed Flour (CSF) (0 and 8 % levels) and Chickpea Protein Isolated (CPI) (0 and 3 % levels) on specific gravity, batter flow properties, moisture content, specific volume, porosity, hardness, browning index, water activity and sensory properties of gluten-free muffin prepared from rice flour. The results indicated stevia, sugar and CSF especially combination of them are able to increase moisture content, water activity, specific volume, porosity and browning index (BI) and decrease specific gravity. Also sugar-CSF sample had lower hardness, higher sensory properties and got highest acceptance rate (score5) in sensory assessment comparison with other samples.

Keywords: Coeliac, gluten-free muffin, rice flour, Stevia, CSF.

* Corresponding Author: myarmand@ut.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

اثر جایگزینی شکر با استویا و افزودن آرد دانه چیا و ایزوله پروتئین نخود بر خصوصیات کیفی و رئولوژیکی مافین بدون گلوتن تهیه شده از آرد برنج

فاطمه کوهساری[۱]، زهرا امام جمعه[۲]، محمدسعید یارمند[۳]*

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد،گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۳/۲۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۳/۲۸)

چکیده

بیماری سلیاک (CD)، نوعی بیماری خودایمنی گوارشی است که به صورت ناتوانی در هضم گلوتن بروز می‌کند. تنها راه درمان این بیماری استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در تمام طول عمر فرد است. بنابراین، توجه به تولید مواد غذایی بدون گلوتن با کیفیت برای مصرف این بیماران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدین منظور هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر جایگزینی شکر با استویا در سه سطح (۰، ۰/۵ و ۱ ٪) و افزودن آرد دانه چیا در دو سطح (۰ و ۸ ٪) و ایزوله پروتئین نخود در دو سطح (۰ و ۳ ٪) بر میزان وزن مخصوص، رفتار جریانی خمیر، رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سفتی بافت، شاخص قهوه‌ای شدن، فعالیت آبی و ویژگی‌های حسی مافین بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بود. نتایج آزمایشات نشان داد که وجود استویا-شکر- آرد دانه چیا به خصوص در حالت ترکیبی علاوه بر افزایش میزان رطوبت و فعالیت آبی قادر به افزایش حجم مخصوص، تخلخل، شاخص قهوه‌ای شدن و کاهش وزن مخصوص بودند. همچنین نمونه شکر- آرد دانه چیا از سفتی بافت کمتر و ویژگی‌های حسی بهتری برخوردار بود، نتایج ارزیابی حسی نشان داد نمونه شکر – آرد دانه چیا بالاترین میزان پذیرش (نمره ۵) را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: سلیاک، مافین بدون گلوتن، آرد برنج، استویا، آرد دانه چیا

مقدمه

مافین[۱] نوعی شیرینی با بافتی مخصوص است که مواد اصلی آن آرد، روغن، شکر و تخم مرغ بوده و از محصولاتی است که به سبب طعم مناسب، ارزش غذایی بالا و سهولت مصرف، کاربرد زیادی دارد. کیک و مافین در حال حاضر در تغذیه افراد جهان دارای جایگاه مهمی است، به طوری که امروزه در اکثر کشورهای اروپایی، بیش از ۲۰ نوع کیک با طعم و ارزش غذایی متنوع تولید می‌شود که حتی برخی از آنها برای افراد سلیاکی تهیه می‌گردد (Gómez *et al.*, 2007). معمولاً در تولید مافین از آرد گندم که حاوی گلوتن است، استفاده می‌شود. اما با توجه به شیوع بیماری سلیاک، محصولات فاقد گلوتن جایگزین می‌شود.

بیماری سلیاک (CD)[۲]، نوعی بیماری خودایمن گوارشی بعلت عدم تحمل دائمی به بعضی پرولامین‌های غلات با توالی‌های الیگوپپتیدی ویژه می‌باشد که به پرزهای روده کوچک آسیب می‌رساند و باعث اختلال در جذب مواد مغذی می‌شود. این بیماری به صورت ناتوانی بیمار در هضم گلوتن بروز می‌کند. گلوتن پروتئینی است که در گندم، چاودار، جو و جو دوسر وجود دارد. زمانی که بیماران مبتلا به سلیاک، غذاهای حاوی گلوتن مصرف می‌کنند، سیستم ایمنی بدن آن‌ها پاسخی را به صورت تخریب روده کوچک صادر می‌کند و این تخریب در پرزهای انگشتانه‌ای روده که مواد مغذی داخل آن‌ها جذب می‌شود، ایجاد می‌گردد. به دنبال آسیب پرزهای روده‌ای، فرد بدون توجه به مقدار غذایی که می‌خورد مبتلا به سوء تغذیه می‌شود (Alami *et al.*, 2016؛Korus *et al.* 2009؛ Gallagher et al., 2004). طبق داده‌های سازمان بهداشت جهانی، این سندروم تقریبا در ۵٪ افراد جامعه وجود دارد. بیماری سلیاک در ایران نادر نبوده و شیوع آن

* نویسنده مسئول: myarmand@ut.ac.ir

1- Muffin
2- Coeliac Disease

www.SID.ir

Archive of SID

مشابه کشورهای غربی است (Ballesteros López, 2004). بازار مصرف محصولات غله‌ای بدون گلوتن به طور پیوسته همگام با افزایش بیماری سلیاک و میزان تشخیص آن و یا دیگر حساسیت‌های موجود به گلوتن رو به گسترش و پیشرفت می‌باشد (Alami *et al.*, 2016).

بنابراین جهت تولید محصولات بدون گلوتن به گونه‌ای که قابلیت استفاده توسط این دسته از بیماران را داشته باشد، می‌توان از مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب زمینی و برنج)، آرد بعضی از غلات نظیر ارزن، سورگوم، کاساوا، کینوا[1]، تاج خروسی[2]، گندم سیاه و گنه گنه که عاری از گلوتن هستند و ترکیباتی نظیر آنزیم‌ها (لیپوکسی ژناز و ترانس گلوتامیناز)، پروتئین‌ها مثل پروتئین‌های شیر، سویا و سفیده تخم مرغ و مهم‌تر از همه هیدروکلوئیدها به منظور تقلید از خواص گلوتن، استفاده کرد (Alami *et al.* 2016).

از آردهای فاقد گلوتن که در محصولات نانوایی استفاده می‌شود، می‌توان آرد برنج را نام برد. برنج از اساسی‌ترین مواد تشکیل دهنده رژیم غذایی است که سطح زیر کشت زیادی را نیز به خود اختصاص داده است و غذای بیش از دو سوم مردم جهان یعنی جمعیتی معادل ۵ میلیارد را تامین می‌کند. تولید برنج حدود ۲۹ درصد از کل تولید غلات جهان را به خود اختصاص می‌دهد. برنج منبع ارزانی از پروتئین است و غنی از کربوهیدرات، مواد معدنی، ویتامین‌ها مخصوصاً ویتامین (ب) بوده و فاقد کلسترول می‌باشد. هرچند بخاطر محدودیت‌های اسید آمینه‌ای پروتئین برنج مصرف مداوم آن ممکن است منجر به سوء تغذیه گردد. آرد دانه برنج از ضایعات برنج بدست می‌آید. برخی از آردهای برنج (محتوای آمیلوز کم) نانی با بافت نرم و مرطوب تولید می‌کنند، در حالی‌که برخی دیگر از انواع آرد برنج (محتوای آمیلوز زیاد) نانی با بافت زبر، سفت و خشک را ایجاد می‌نمایند. محتوای کم پرولامین در آرد برنج مانع شکل گیری یک شبکه پروتئینی هنگام مخلوط شدن با آب می‌شود (Song and Shin. 2007). عدم وجود شبکه پروتئینی در آرد برنج منجر می‌شود تا محصولات فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج، بافت داخلی قوی و حجم مناسبی نداشته باشند. به همین جهت از آرد برنج بیشتر در محصولات پودری و بیسکویت‌ها استفاده می‌شود (Cornejo and Rosell. 2015). در این خصوص می‌توان برای بهبود بافت محصولات فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج از آرد دانه‌های فاقد گلوتن هم استفاده کرد (Levent & Bilgiçli, 2011). چیا[3] گیاهی یکساله از خانواده نعناعیان است که برای مصرف دانه آن کاشته می‌شود. این دانه فاقد گلوتن نقش مهمی در غذای انسان‌ها دارند و به عنوان دانه‌های روغنی شناخته می‌شوند. همچنین منبع عظیمی از اسیدهای چرب امگا ۳، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبرهای رژیمی می‌باشد و دارای خاصیت آنتی اکسیدانی به دلیل وجود ترکیبات پلی فنلی است (Ullah *et al.*, 2016). Steffolani *et al.* (2014) تاثیر افزودن چیا به آرد برنج بر روی خواص ارگانولپتیکی نان‌های فاقد گلوتن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که نان‌های تولیدی دارای بافت بهتری نسبت به نمونه‌های کنترلی بوده است. همچنین باعث افزایش حجم مخصوص و پذیرش مصرف کننده بود (Steffolani *et al.*, 2014).

جایگزینی گلوتن با سایر منابع پروتئینی مانند پروتئین‌های گیاهی (سویا و نخود) و پروتئین لبنی یکی دیگر از روش‌های تولید محصولات اولیه فاقد گلوتن است. به نقل از Miñarro *et al.* (2012) بالا بودن میزان لایزین نخود باعث بالا رفتن میزان پروتئین در ترکیب با پروتئین غلاتی شده که محتوای لایزین کمی دارند.

شکر علاوه بر ایجاد طعم شیرینی بر حجم، رطوبت، رنگ، ظاهر و کالری محصولات پخته نیز تاثیر می‌گذارد. اغلب مصرف کنندگان مواد غذایی و نوشیدنی‌های کم کالری یا بدون قند را انتخاب می‌کنند زیرا می‌خواهند طعم شیرین را بدون اضافه شدن کالری مصرف کنند و یا می‌خواهند خطر پوسیدگی دندان، چاقی یا دیابت را کاهش دهند. به همین دلیل گرایش به استفاده از شیرین کننده‌های جایگزین در حال افزایش است. شیرین کننده‌ها از نظر منشا در دو گروه اصلی طبیعی (ملاس، عسل، استویوزید، قندالکل‌ها و ...) و مصنوعی (آسپارتام، ساخارین، سیکلامات، آسه سولفام پتاسیم، سوکرالوز و ...) قرار دارند که در تولید محصولات قنادی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Manisha *et al.* 2012).

استویوزید یک شیرین کننده طبیعی که از برگ *استویا ربادیانا برتونی*[4] متعلق به خانواده کومپوزیته[5] که نوعی گیاه بومی مناطق کوهستانی برزیل و پاراگوئه است، استخراج می‌شود و فاقد نقش کالری‌زایی می‌باشد و اثری بر افزایش سطح گلوکز خون ندارد و شاخص گلایسمی آن صفر است. همچنین ایمن برای کودکان و بزرگسالان مبتلا به دیابت است و در سیستم گوارش جذب نمی‌شود. استویا حاوی ترکیبات فیتوشیمیایی است که به کاهش قند خون، کلسترول و فشار خون کمک می‌کند و به عنوان یک تقویت کننده طعم، افزایش دهنده طعم می‌باشد که دارای اثرات ضد باکتری است (Geuns, 2003). در پژوهشی که اثر افزودن استویا و پلی دکستروز برای جایگزینی بخشی از ساکارز در مافین

1. Quinoa
2. Amaranth
3. Chia
4. Stevia rebaudiana Bertoni
5. Compositea

www.SID.ir

Archive of SID

مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که با جایگزینی ۳۰٪ از ساکارز با استویا و دکستروز میزان کالری محصول به ۵ کیلوژول کاهش پیدا کرد (Zahn *et al.*, 2013).

هدف از این مطالعه بررسی تاثیر جایگزینی شکر با استویا و کاربرد آرد چیا و ایزوله پروتئین نخود بر خصوصیات کیفی و رئولوژیکی مافین بدون گلوتن بر پایه آرد برنج است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه کیک

مواد اولیه این پژوهش شامل آرد برنج، تخم مرغ از بازارمحلی (کرج)، آرد دانه چیا از شرکت کیان فود (تهران)، ایزوله پروتئین نخود از آزمایشگاه پدیده‌های انتقال گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تهران (کرج)، شیر کم‌چرب از شرکت دامداران (تهران)، روغن از شرکت بهار (تهران)، بکینگ پودر از شرکت مهسا (قزوین)، شکر، وانیل از شرکت گلها (تهران) و استویا با درصد خلوص ۹۸٪ از شرکت تکفام (تهران) تهیه شد.

فرمولاسیون مافین بدون گلوتن

مطالعات و پیش تیمارهای اولیه برای بدست آوردن درصد مناسب استویا به عنوان جایگزین شکر در طراحی تیمارهای این آزمایش انجام شد. جایگزینی شکر با استویا امکان پذیر می باشد اما تنها به عنوان درصدی جزئی از کل شیرین کننده موجود در فرمولاسیون است. جایگزینی بیش از ۵۰٪ استویا باعث کاهش کیفیت و پارامترهای حسی می‌شود. این عمدتا به دلیل افزایش سختی، کاهش انعطاف پذیری، انسجام و طعم قابل قبول می‌باشد (Karp *et al.*, 2016). بنابراین تهیه تیمارهای فرمولاسیون مافین بدون گلوتن طبق جدول (۱) انجام شد.

جدول (۱). تیمارهای تهیه شده

مواد اولیه	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
	(S, Control)	(S+CPI)	(S+CPI+CSF)	(S+CSF)	(S+St)	(S+St+CPI)	(S+St+CPI+CSF)	(S+St+CSF)	(St)
آرد برنج	۱۰۰*	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
شکر	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۰
استویا	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱
ایزوله پروتئین نخود	۰	۳	۳	۰	۰	۳	۳	۰	۰
ارد دانه چیا	۰	۰	۸	۸	۰	۰	۸	۸	۰
روغن	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
شیر	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
تخم مرغ کامل	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰
بکینگ پودر	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵
وانیل	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

*: براساس ۱۰۰ درصد وزن آرد مصرفی (وزنی/ وزنی)، (S[1]: شکر، CPI[2]: ایزوله پروتئین نخود، CSF[3]: آرد دانه چیا، St[4]: استویا)

آماده سازی کیک

در مرحله اول تخم مرغ به مدت ۳ دقیقه با دور تند همزن برقی (فیلیپس- هلند) زده شد. در مرحله دوم وانیل، شکر و روغن به مرحله قبل افزوده و به مدت ۱ دقیقه مخلوط شد. در مرحله سوم آرد برنج و بکینگ پودر طی سه مرتبه الک شد و به همراه شیر به مواد قبلی اضافه شد. در تیمارهایی که حاوی استویا بودند، استویا در مرحله دوم آماده سازی اضافه شد و در تیمارهایی که حاوی ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بودند، در مرحله سوم

1- Sugar
2- Chickpea Protein Isolated (CPI)
3- Chia Seed Flour (CSF)
4- Stevia

www.SID.ir

Archive of SID

آماده‌سازی به مواد قبلی اضافه شدند. مقدار ۴۰ گرم از خمیر را وزن کرده و در قالب ریخته و در فر پخت (مدل F21 اخوان- ایران) در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد و پس از پخت به مدت دو دقیقه توسط المنت‌های موجود در فر، فرآیند گریل کردن سطح پوسته انجام شد. کیک‌های فنجانی پخته شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق خنک شدند، سپس برای جلوگیری از جذب رطوبت بسته‌بندی شدند.

آنالیز خصوصیات خمیر مافین بدون گلوتن

آزمون وزن مخصوص[1] خمیر مافین: با تقسیم وزن استاندارد خمیر بر وزن آب هم حجم آن به‌وسیله استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. خمیر به دست آمده از نمونه‌ها در استوانه مدرج ریخته شده و توسط ترازو توزین گردید. سپس با آب مقطر و به اندازه حجم خمیر پر و توزین گردید (Rajiv et al. 2011).

آزمون تعیین ویسکوزیته خمیر مافین: ویسکوزیته با استفاده از دستگاه رئومتر بروکفیلد (DV3T-آمریکا) و استفاده از اسپیندل SC4-34 و با سرعت ($1/s^{-1}$) ۰۱-۰/۱۰ اندازه‌گیری شد. داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد و میزان اندیس جریان و ضریب قوام با استفاده از رابطه قانون توان (۱) محاسبه شد.

$\sigma=k\gamma^n$ (رابطه ۱)

در رابطه (۱)، σ عبارتست از تنش برشی (Pa.s)؛ k، ضریب قوام ($Pa.s^n$)؛ n، نیز اندیس جریان یا اندیس توان رقیق شونده با جریان و γ، نرخ برشی(s^{-1}) می‌باشند (Sabanis & Tzia, 2011).

آنالیز خصوصیات بافتی مافین بدون گلوتن

آزمون رطوبت سنجی: جهت انجام این آزمون از دستگاه آون (Precision Thelco-model17- آمریکا) استفاده شد. اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و پس از قرار گرفتن در آون با دمای ۲± °C ۱۰۳ به مدت ۵ ساعت نشان‌دهنده میزان رطوبت می‌باشد (AACC, 1999).

آزمون ارزیابی حجم مخصوص[2]: از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای مکعب شکل به ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی مافین تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین شد (Miñarro et al., 2012).

آزمون ارزیابی میزان تخلخل[3]: برای اندازه‌گیری تخلخل از رابطه (۲) استفاده گردید (Hesari *et al.*, 2014).

(رابطه ۲) (دانسیته ذره‌ای/ دانسیته توده‌ای) − ۱= تخلخل

دانسیته توده‌ای از طریق محاسبه نسبت جرم به حجم مافین حساب شد و دانسیته ذره‌ای با استفاده از روش پیکنومتری محاسبه گردید (Kocer et al. 2007).

آزمون ارزیابی بافت مافین: به منظور بررسی بافت کیک از دستگاه آنالیز بافت Testometric (M350-10CT- انگلستان) با سرعت ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه و پروب با سطح مقطع ۳ میلی‌متری استفاده گردید. آنالیز بافت برای هر نمونه یک روز پس از پخت انجام شد. برای دقت بیشتر در انجام این آزمون از قسمت میانی مغز مافین قطعات مکعبی شکل ۲×۲×۲ برش داده و پارامتر سفتی بافت اندازه‌گیری شد (Shaabani *et al.*, 2018).

آنالیز خصوصیات ظاهری مافین بدون گلوتن

آزمون شاخص قهوه‌ای شدن: به این منظور از تکنیک پردازش تصویر استفاده گردید. بررسی رنگ پوسته کیک فنجانی با تعیین سه شاخص L*، a* و b* انجام گرفت. عکس برداری از نمونه کامل مافین برش نخورده یک روز پس از پخت با استفاده از اسکنر HP scan jet ۵۵۹۰ در رزولوشن ۶۰۰dpi اسکن گردید. عکس‌های گرفته شده با فرمت tiff ذخیره و با استفاده از نرم‌افزار image j پردازش شد (Fath et al. 2011).

برای بررسی بهتر رنگ از شاخص قهوه‌ای شدن[4] (BI) استفاده می‌شود. شاخص قهوه‌ای شدن بیانگر میزان خلوص رنگ قهوه‌ای است، و به عنوان یک پارامتر مهم در بررسی قهوه‌ای شدن مطرح است. میزان قهوه‌ای شدن با استفاده از رابطه (۳) بدست می‌آید (Askari *et al.*, 2008).

(رابطه ۳)

$$BI = \frac{\left[100\left(\frac{a*+1.75L*}{5.645L*+a*-3.012b*}-0.31\right)\right]}{0.17}$$

آزمون فعالیت آبی (aw)[5]: فعالیت آبی نمونه‌ها به کمک دستگاه فعالیت آبی سنج sprint (Novasina TH-500- سوئیس) پس از پخت اندازه‌گیری شد (Akesowan, 2009).

ارزیابی حسی: ویژگی‌های حسی نظیر طعم و بو، رنگ پوسته و مغز کیک، سفتی و نرمی، تخلخل و پوکی، شکل و فرم نمونه‌ها با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده خانم و آقا در رده سنی ۲۰- ۳۰ سال با تکمیل پرسشنامه، ارزیابی گردید. در این آزمون، عدد ۱ نشان دهنده پایین‌ترین امتیاز داده شده توسط ارزیاب و عدد ۵ بالاترین امتیاز بوده است (Hussein *et al.*, 2011).

1. Specific Gravity
2. Specific volume
3. Porosity
4. Browning Index
5. Water activity

www.SID.ir

Archive of SID

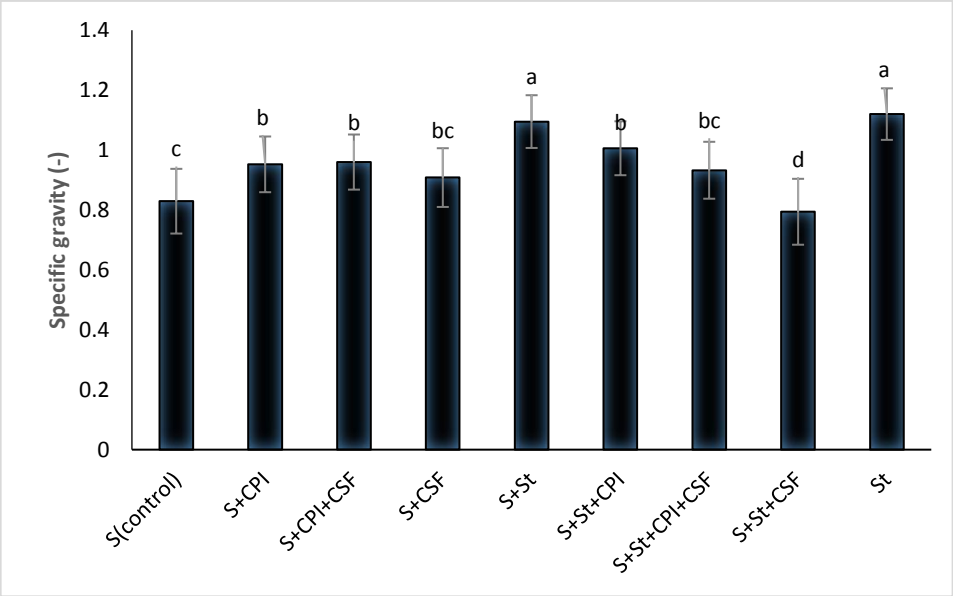
تجزیه تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق One Factor At The Time است. هر آزمایش سه بار تکرار شده و میانگین ± انحراف معیار ارائه شده است. مقایسه نتایج با مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ ($p \leq 0/05$) انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن مخصوص خمیر

وزن مخصوص یک ویژگی مهم فیزیکی است. افزایش میزان حباب‌های هوا در خمیر طی مخلوط کردن باعث کاهش وزن مخصوص آن می‌شود. تغییر وزن مخصوص خمیر باعث خمیر شدن یا تشکیل بافت در مغز مافین می‌شود. طبق شکل (۱) کاهش وزن مخصوص نشانگر افزایش حجم و تخلخل و کاهش میزان سفتی بافت مافین است (Yildiz & Dogan, 2014). کمترین میزان وزن مخصوص در نمونه حاوی استویا- شکر و چیا و نمونه‌های خمیر حاوی شکر مشاهده گردید. با توجه به اینکه افزودن شکر باعث افزایش قوام خمیر و استحکام شبکه می‌گردد و می‌توان نتیجه گرفت که افزودن آرد چیا به فرمولاسیون نیز همانند شکر عمل کرده، باعث استحکام شبکه و بهبود قوام خمیر می‌گردد. این موضوع در چهار مورد نمونه حاوی چیا دیده شد.



شکل (۱). تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر وزن مخصوص خمیر (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

ویسکوزیته خمیر

شاخص n برای خمیر تمامی نمونه‌ها در محدوده بین صفر و یک قرار داشت که بر این اساس می‌توان بیان کرد که همه آن‌ها رفتار جریان سیالات غیرنیوتنی از نوع رقیق‌شونده با برش را از خود نشان دادند (جدول ۲). افزودن چیا، ایزوله پروتئین نخود و استویا باعث تغییر در رفتار جریان خمیر شده و رفتار آن را به سمت غیرنیوتونی رقیق شونده پیش برده‌اند. به صورتی که در میزان نرخ برشی پایین، ویسکوزیته ظاهری بالاتر بوده و با افزایش میزان برش مقدار آن به شدت کاهش یافته است. کاهش ویسکوزیته خمیر می‌تواند منجر به تشکیل ناکافی سلول‌های هوا و هم‌چنین عدم توانایی خمیر برای به دام انداختن سلول‌های هوا در طی مخلوط کردن باشد (Lakshminarayan *et al.*, 2006). افزودن چیا باعث افزایش اندیس قوام خمیر شده است که این امر باعث به دام افتادن حباب‌های هوا در بافت خمیر و تشکیل بافت متخلخل در محصول نهایی می‌گردد که این موضوع در شکل‌های (۴) و (۵) قابل مشاهده است. چیا به عنوان هیدروکلوئید از پیوستن حباب‌های هوا در سطح ساختار خمیر ممانعت نموده و باعث استحکام ساختار آن و در نتیجه افزایش ویسکوزیته را در پی دارد. افزودن پروتئین نخود نیز تاثیر مشابهی چون چیا دارد. ولی با شدت کمتری باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود. افزودن همزمان چیا و پروتئین نخود باعث افزایش زمان انبساط خمیر شده که این امر ناشی از واکنش چیا با شبکه پروتئینی حاصل از ایزوله پروتئین نخود بوده که سبب تغییر در ویژگی‌های الاستیسیته خمیر و کاهش ظرفیت نگهداری گاز، افزایش قوام و افزایش ویسکوزیته آن گردید. که این افزایش زیاد ویسکوزیته باعث سنگینی خمیر و ممانعت از گسترش حباب‌های هوا شده و نتیجه برعکسی بر بهبود بافت می‌دهد.

جدول (۲). تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد

www.SID.ir

Archive of SID

دانه چیا بر اندیس جریان و ضریب قوام خمیر

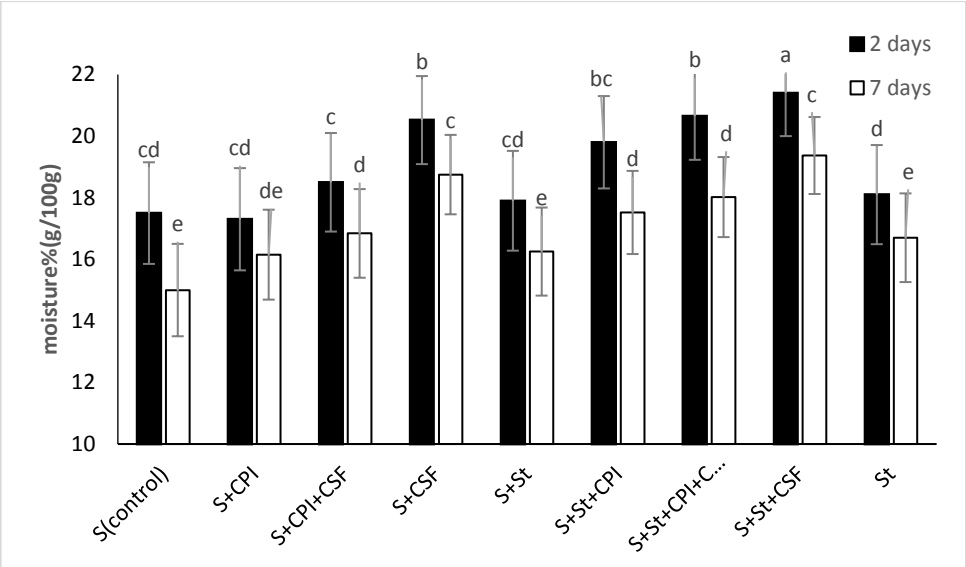
Sample	k(Pa.s^n)	n
S(control)	۱۳۷۷/۷^{e}	۰/۶۸۲^{a}
S+CPI	۲۶۳۶/۴^{d}	۰/۵۲۲^{c}
S+CPI+CSF	۱۱۳۵۸^{b}	۰/۵۸۳^{b}
S+CSF	۸۴۶۸/۳^{c}	۰/۵۸^{b}
S+St	۴۹۰۰/۶^{cd}	۰/۳۶^{d}
S+St+CPI	۱۱۳۷۰^{b}	۰/۵۱۸^{c}
S+St+CPI+CSF	۱۷۸۱۴^{a}	۰/۵۱۱^{c}
S+St+CSF	۲۰۲۸/۴^{d}	۰/۵۷۵^{b}
St	۱۸۷۲/۳^{de}	۰/۵۶۴^{b}

(حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

رطوبت و فعالت آبی

رطوبت، مقدار آب آزاد و پیوسته در بافت ماده غذایی را شامل می‌شود، به طوری که این شاخص در مواد غذایی نقش مهمی در تردی و مدت زمان نگهداری محصولات دارد.

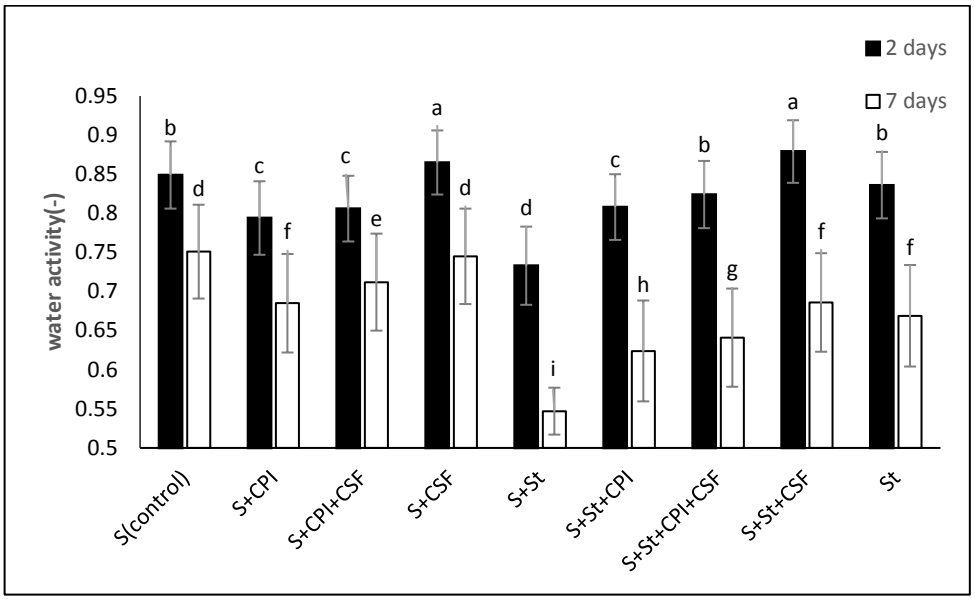
همانگونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود با افزایش درصد چیا، استویا و ایزوله پروتئین نخود میزان رطوبت مافین بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. چیا بدلیل خاصیت آبدوستی خود با آب برهمکنش می‌دهند و سبب کاهش تبخیر آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند که همین امر در افزایش جذب آب خمیر و حفظ رطوبت محصول نهایی پس از فرآیند پخت و نگهداری مؤثر است. می‌توان نتیجه گرفت که در مورد تمامی نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری از میزان رطوبت کاسته شد اما نکته بسیار مهم این است که نمونه‌های حاوی چیا دارای رطوبت بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها حتی پس از ۷ روز نگهداری می‌باشند. کمترین میزان رطوبت پس از نگهداری متعلق به نمونه‌های فاقد چیا و ایزوله پروتئین نخود می‌باشد که علت آن عدم گسترش شبکه متخلخل داخل مافین است، زیرا این شبکه از تبخیر رطوبت حین نگهداری جلوگیری می‌کند. هچنین در نمونه‌های حاوی استویا نسبت به نمونه‌های فاقد آن افزایش رطوبت معنی‌داری دیده می‌شود که با مشاهدات Ruiz-Ruiz *et al.*, (2015) تطابق دارد (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2015). با توجه به شکل (۳) با افزایش میزان چیا و استویا فعالیت آبی افزایش یافته است. با افزایش درصد چیا، فعالیت آبی مافین بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج حاصل از آزمون رطوبت‌سنجی مطابقت دارد. می‌توان نتیجه گرفت که در مورد تمامی نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری از میزان فعالیت آبی بطور معنی‌داری کاسته شد. همچنان پس از ۷ روز نگهداری، نمونه‌های حاوی چیا دارای بالاترین میزان فعالیت آبی بودند، که بعلت خاصیت هیدروکلوئیدی دانه چیا است که از میزان از دست رفتن رطوبت محصول در حین نگهداری می‌کاهد. کمترین میزان فعالیت آبی در روز دوم و روز هفتم پس از نگهداری متعلق به نمونه‌های فاقد چیا و ایزوله پروتئین نخود می‌باشد که علت آن عدم وجود شبکه پروتئینی متخلخل است. همچنین نمونه‌های دارای استویا بعلت خاصیت جاذب رطوبت بودن، فعالیت آبی مشابهی با نمونه‌های تهیه شده از شکر داشت (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2015).



شکل ۲. تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر رطوبت خمیر (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

www.SID.ir

Archive of SID

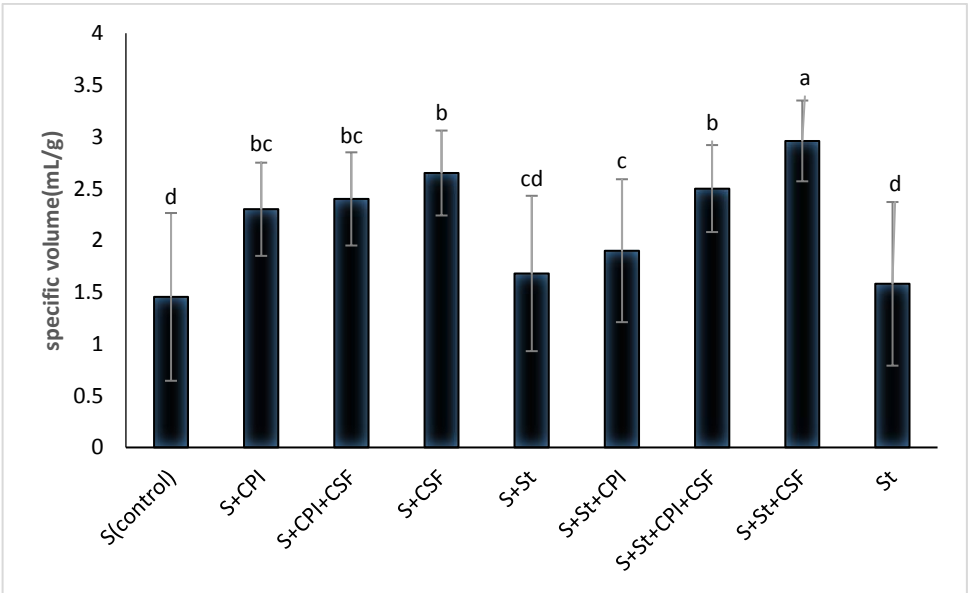


شکل (۳). تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر فعالیت آبی مافین (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

حجم مخصوص مافین

همانگونه که در شکل (۴) و (۵) مشخص است، حجم مخصوص و تخلخل دو خصوصیت وابسته به هم هستند، بدین صورت که هرچه میزان حجم بیشتر باشد میزان تخلخل نیز بیشتر است.

همانطور که از شکل (۴) مشخص است، با افزودن دانه چیا به نمونه‌های دارای شکر و استویا، باعث افزایش بیشتر حجم مخصوص نمونه‌ها گردیده است که دارای تفاوت معنی‌دار با نمونه شاهد در سطح ۵٪ است. ویسکوزیته خمیر حاوی استویا سبب می‌شود که حباب‌های هوا به آسانی ایجاد حجم نمایند و حباب‌های هوای ایجاد شده توانایی و قدرت خروج نداشته و در خمیر محبوس شده‌اند و به همین علت حجم مافین‌ها تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشته است. در نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین نخود نیز دیده می‌شود که بعلت تشکیل شبکه پروتئینی پایداری و خاصیت امولسیونی است که می‌تواند ساختار خمیر را در طی پخت حفظ کند که با مشاهدات Capellas *et al.*, (2015) منطبق است (Capellas *et al.*, 2015).



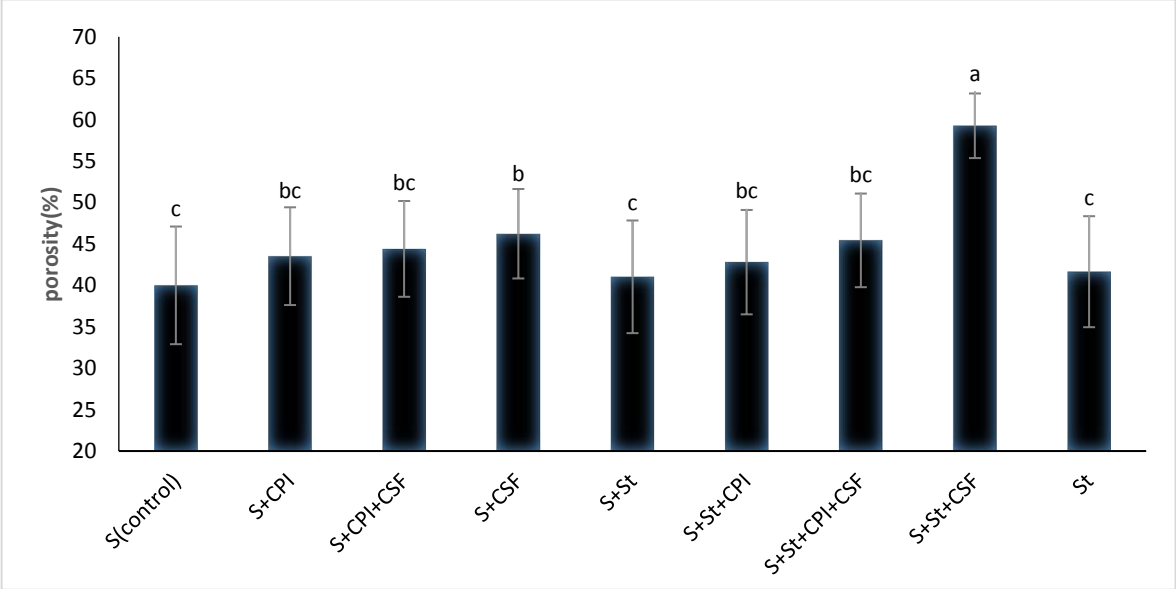
شکل (۴). تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر حجم مخصوص مافین (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

www.SID.ir

Archive of SID

تخلخل مافین

تخلخل یکی از پارامترهای مهم مغز مافین است و به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز مافین دارد و یکی از پارامترهای مهم در تعیین خواص کیفی مغز مافین به شمار می‌رود (Armero & Collar, 1996). هرچه تخلخل مافین بیشتر باشد، سختی آن کمتر است. تخلخل بالا در کیفیت نمونه‌های مافین موثر است. با توجه به شکل (۵) افزودن آرد دانه چیا باعث افزایش تخلخل مافین‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید. نزدیکی بین این نتایج با نتایج بدست آمده در مورد وزن مخصوص و حجم مخصوص (شکل‌های (۱) و (۴)) کاملاً مورد انتظار بود، زیرا افزایش تخلخل و حجم مخصوص کیک رخدادی است که در نتیجه کاهش وزن مخصوص خمیر به وقوع می‌پیوندد (Çelik *et al.*, 2006). در نتایج بدست آمده از مشاهدات Shaabani *et al.*, (2018) نشان داده شد که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان نسبت به نمونه‌های حاوی آنزیم ترانس گلوتامیناز و پروتئین نخود در مافین فاقد گلوتن بر پایه آرد ارزن از حجم مخصوص و تخلخل بالاتری برخوردارند. همچنین گزارش دادند که با افزایش میزان زانتان، پروتئین نخود و آنزیم ترانس گلوتامیناز تا غلظت به ترتیب ۰/۴، ۷ و ۰/۷۵٪، حجم مخصوص و تخلخل افزایش یافت. همچنین نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین نخود دارای تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد هستند، که از تخلخل بالاتری برخوردارند، که با مشاهدات Capellas *et al.* (2015) تطابق دارد.



شکل ۵. تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر تخلخل مافین (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

ارزیابی بافت

میزان سختی نمونه‌ها یک روز پس از تولید اندازه‌گیری شد. همانگونه که در شکل (۶) مشخص است، افزایش استویا موجب افزایش سختی نمونه‌های مافین می‌شود که با نتایج Ruiz-Ruiz *et al.* (2015) منطبق است (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2015). وجود شکر موجب پودری شدن بافت مافین می‌گردد. نمونه شاهد که فقط حاوی شکر بود، به دلیل پودر شدن، سختی آن قابل اندازه‌گیری نبود. همچنین مشاهده شد با افزایش ایزوله پروتئین نخود، میزان سختی افزایش یافت که به دلیل ایجاد بیش از اندازه اتصالات عرضی پروتئینی است. طبق مطالعات Gomez *et al.* (2012) استفاده از حبوبات از جمله نخود در کیک لایه‌ای بدون گلوتن بر پایه آرد برنج به طور معنی‌داری باعث افزایش میزان سختی در کیک شد (Gularte et al. 2012). همچنین با توجه به مطالعات Rababah *et al.* (2006) بر خواص کیفی و حسی بیسکوئیت، نشان داد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین سویا و نخود، میزان سختی محصول افزایش یافت (Rababah *et al.* 2006).

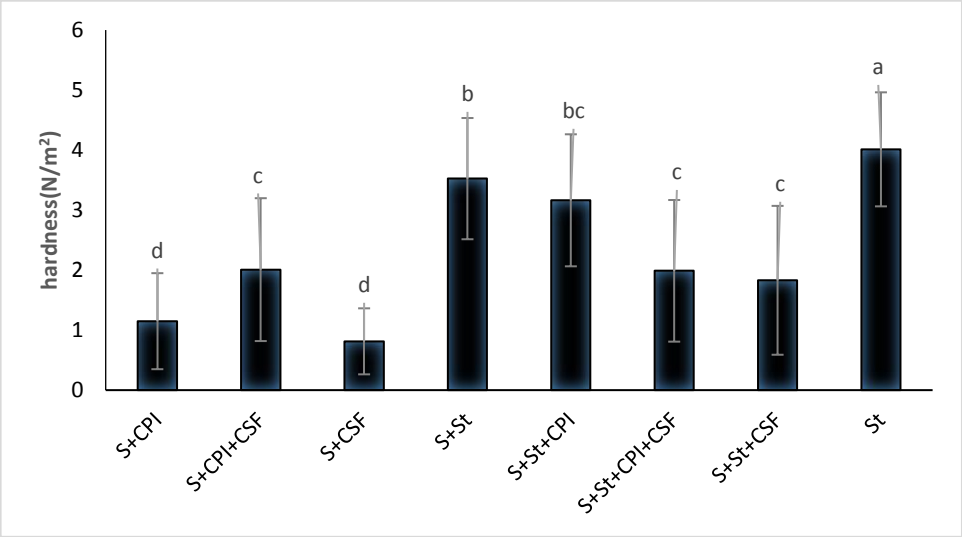
شاخص قهوه‌ای شدن

رنگ یک خصوصیت مهم برای محصولات نانوایی است به دلیل اینکه همراه با بافت و عطر و طعم یکی از الویت‌های مصرف کننده است. این خصوصیت به مواد تشکیل‌دهنده محصول وابسته است. واکنش‌های شیمیایی، که باعث قهوه‌ای شدن محصولات نانوایی در طی پخت می‌شوند، شامل واکنش میلارد و کاراملیزاسیون است. در طی حرارت دادن، میزان آب به سرعت در سطح خمیر کاهش می‌یابد و شرایط را برای تشکیل محصولات واکنش میلارد

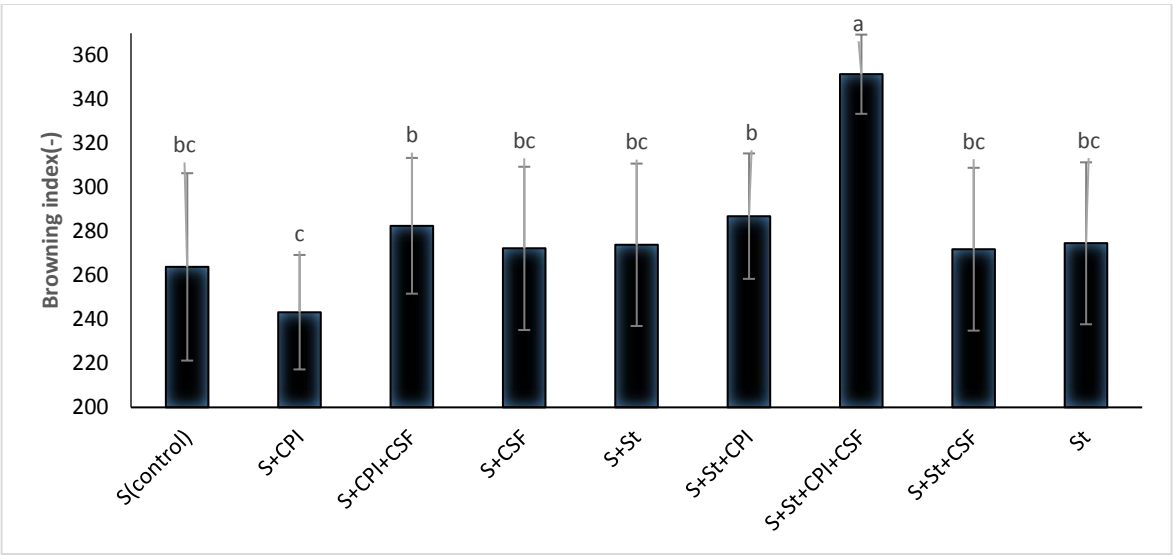
www.SID.ir

Archive of SID

فراهم می‌کند و رنگ قهوه‌ای تیره‌ای را بوجود می‌آورد (Esteller & Lannes, 2008). همانگونه که در شکل (۷) مشخص است، بیشترین شاخص قهوه‌ای شدن در نمونه حاوی چیا- ایزوله پروتئین نخود دیده می‌شود، که دلیل آن انجام واکنش میلارد در این نمونه بعلت افزایش پروتئین است که با نتایج Shaabani *et al.* (2018) تطابق دارد. همچنین آرد دانه چیا دارای رنگ تیره است و استفاده کردن از این افزودنی در فرمولاسیون مافین باعث افزایش شاخص قهوه‌ای شدن است که با مشاهدات Steffolani *et al.* (2014) منطبق است (Steffolani *et al.*, 2014).



شکل ۶. تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر ارزیابی بافت مافین (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)



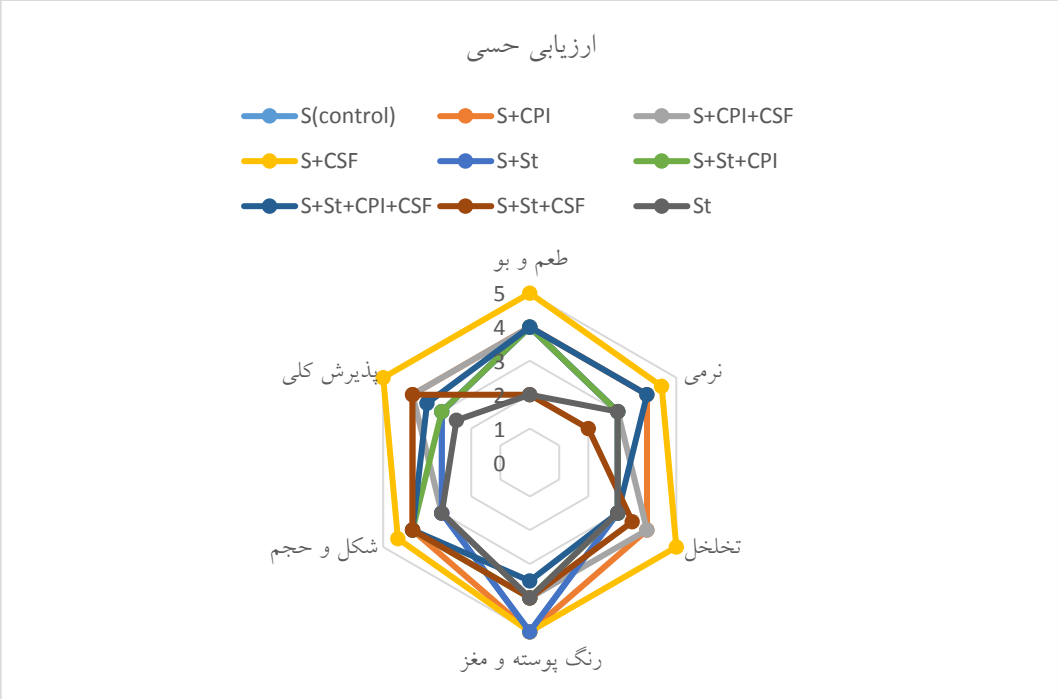
شکل ۷. تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر شاخص قهوه‌ای شدن پوسته مافین (حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد)، (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

ارزیابی حسی

شایان ذکر است که پذیرش کلی جمعی از امتیاز سایر پارامترهای حسی نظیر (رنگ، طعم و بافت) است. همانگونه که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، با افزایش میزان استویا به دلیل پس طعم تلخ آن، پذیرش کلی کاهش یافت و کمترین امتیاز را از نظر ارزیابان گرفت. این نتایج با نتایج Lin & Lee. (2005) و Martinez *et al.* (2014) مطابقت دارد. همچنین افزودن ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا به‌دلیل پوشاندن پس طعم استویا باعث کسب امتیاز بالاتری نسبت به نمونه فقط دارای استویا گردید. در نهایت بیشترین میانگین امتیازهای (امتیاز ۵) بدست آمده به نمونه (S+ CSF) حاوی شکر-چیا داده شده که بیانگر بهترین نمونه است (Hargreaves & Zandonadi, 2018).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۸). تاثیر غلظت‌های مختلف استویا، شکر، ایزوله پروتئین نخود و آرد دانه چیا بر ارزیابی حسی (S: شکر، CPI: ایزوله پروتئین نخود، CSF: آرد دانه چیا، St: استویا)

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، کمترین میزان وزن مخصوص در نمونه حاوی استویا- شکر و چیا و نمونه‌های خمیر حاوی شکر مشاهده شد، همچنین افزایش اندیس قوام نیز در این نمونه‌ها دیده شد. افزودن چیا باعث افزایش حجم مخصوص، تخلخل، رطوبت، فعالیت آبی و کاهش سختی بافت می‌شود. استفاده از ایزوله پروتئین نخود به تنهایی باعث بهبود ویژگی‌های کیفی مافین بدون گلوتن شد و ایزوله پروتئین نخود به همراه چیا باعث افزایش شاخص قهوه‌ای مافین بدون گلوتن است. همچنین استفاده از مخلوط چیا و استویا، بافت، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و خصوصیات ارگانولپتیکی مافین بدون گلوتن تهیه شده از آرد برنج را بهبود می‌بخشد. بنابراین با توجه به مضرات شکر بر سلامتی انسان و به منظور افزایش ماندگاری محصولات از این فرمولاسیون استفاده شود. همچنین توصیه می‌شود در محصولات فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج از آرد دانه چیا به عنوان بهبود دهنده بافت و طعم استفاده شود.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از آزمایشگاه پدیده‌های انتقال، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه تهران به جهت در اختیار گذاشتن امکانات لازم و حمایت مالی برای انجام مراحل پژوهش اعلام می‌دارند.

REFERENCES

AACC. (1999). Approved method the American Association of cereal chemists. St. Paul.

Akesowan, A. (2009). Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, *8*(9), 1383–1386. https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1383.1386

Armero, E., & Collar, C. (1996). Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. *Journal of Food Science*, *61*(2), 299–303.

Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. (2008). Investigation of the effects of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying. *Drying Technology*, *26*(11), 1362–1368. https://doi.org/10.1080/07373930802333502

Ballesteros López, A. C., Guimarães Pereira, A. J., & Junqueira, R. G. (2004). Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *47*(1), 63–70.

Capellas, M. (2015). LWT - Food Science and Technology Chickpea and tiger nut fl ours as alternatives to emulsi fi er and shortening in gluten-free bread, *62*, 225–232. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.045

Çelik, I., Yilmaz, Y., Işik, F., & Üstün, O. (2006). Effec.

www.SID.ir

Archive of SID

of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. *Food Chemistry*, *101*(3), 907–911. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.063

Cornejo, F., & Rosell, C. M. (2015). Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(10), 6591–6598. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1720-8

Esteller, M. S., & Lannes, S. C. S. (2008). Production and characterization of sponge-dough bread using scalded rye. *Journal of Texture Studies*, *39*(1), 56–67. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2007.00130.x

Fathi, M., Mohebbi, M., & Razavi, S. M. A. (2011). Application of Image Analysis and Artificial Neural Network to Predict Mass Transfer Kinetics and Color Changes of Osmotically Dehydrated Kiwifruit. *Food and Bioprocess Technology*, *4*(8), 1357–1366. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0222-y

Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, *15*(3–4), 143–152. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012

Geuns, J. M. C. (2003). Stevioside. *Phytochemistry*, *64*(5), 913–921. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00426-6

Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, *21*(2), 167–173. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.012

Gularte, M. A., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. *Food and Bioprocess Technology*, *5*(8), 3142–3150. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0642-3

Hargreaves, S. M., & Zandonadi, R. P. (2018). Flaxseed and Chia Seed Gel on Characteristics of Gluten-Free Cake. *Journal of Culinary Science & Technology*, *16*(4), 378–388.

Hussein, E. A., El-Beltagy, A. E., & Gaafar, A. M. (2011). Production and quality evaluation of low calorie cake. *American Journal of Food Technology*, *6*(9), 827–834.

javad hesari, & seyed abbas rafat Elnaz shakouei seyed hadi peyghambar doust, sodeif azadmard. (2014). Effect of Different Concentrations of Xylitol on Physical and Sensory Properties of Sugar Cakes. *Food Industry Research*, *23*, 435–444.

Karp, S., Wyrwisz, J., Kurek, M., & Wierzbicka, A. (2016). Physical properties of muffins sweetened with steviol glycosides as the sucrose replacement. *Food Science and Biotechnology*, *25*(6), 1591–1596.

Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A., & Katnas, S. (2007). Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*, *78*(3), 953–964. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.034

Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., & Juszczak, L. (2009). The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids*, *23*(3), 988–995. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.010

Lakshminarayan, S. M., Rathinam, V., & KrishnaRau, L. (2006). Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(5), 706–712. https://doi.org/10.1002/jsfa.2400

Levent, H., & Bilgiçli, N. (2011). Enrichment of gluten-free cakes with lupin (Lupinus albus L.) or buckwheat (Fagopyrum esculentum M.) flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *62*(7), 725–728. https://doi.org/10.3109/09637486.2011.572546

Manisha, G., Soumya, C., & Indrani, D. (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids*, *29*(2), 363–373. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.04.011

mehran alami, & shbnam mokhtary Ali mehraban shandy. (2016). Physical and chemical characteristics of gluten-free sponge cake. *Researches in Iran Science and Technology*, *14*, 295–306.

Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, *56*(2), 476–481. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.012

Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., & Ereifej, K. I. (2006). Effect of chickpea, broad bean, or isolated soy protein additions on the physicochemical and sensory properties of biscuits. *Journal of Food Science*, *71*(6), S438–S442. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00077.x

Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D., & Venkateswara Rao, G. (2011). Effect of replacement of wheat flour with finger millet flour (Eleusine corcana) on the batter microscopy, rheology and quality characteristics of muffins. *Journal of Texture Studies*, *42*(6), 478–489. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00309.x

Ruiz-Ruiz, J. C., Moguel-Ordoñez, Y. B., Matus-Basto, A. J., & Segura-Campos, M. R. (2015). Antidiabetic and antioxidant activity of Stevia rebaudiana extracts (Var. Morita) and their incorporation into a potential functional bread. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(12), 7894–7903. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1883-3

Sabanis, D., & Tzia, C. (2011). Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and

www.SID.ir

Archive of SID

bread. *Food Science and Technology International*, *17*(4), 279–291. https://doi.org/10.1177/1082013210382350

Shaabani, S., Yarmand, M. S., Kiani, H., & Emam-Djomeh, Z. (2018). The effect of chickpea protein isolate in combination with transglutaminase and xanthan on the physical and rheological characteristics of gluten free muffins and batter based on millet flour. *LWT - Food Science and Technology*, *90*, 362–372. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.023

Song, J.-Y., & Shin, M. (2007). Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, *16*(5), 759–764.

Steffolani, E., Hera, E. D. E. L. A., Pérez, G., & Gómez, M. (2014). EFFECT OF CHIA (SALVIA HISPANICA L) ADDITION ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE BREAD, (2012), 309–317.

Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., & Javid, A. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (Salvia hispanica L .): a review. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(April), 1750–1758. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0

Yildiz, O., & Dogan, I. S. (2014). Optimization of gluten-free cake prepared from chestnut flour and transglutaminase: Response surface methodology approach. *International Journal of Food Engineering*, *10*(4), 737–746. https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0024

Zahn, S., Forker, A., Krügel, L., & Rohm, H. (2013). Combined use of rebaudioside A and fibres for partial sucrose replacement in muffins. *LWT - Food Science and Technology*, *50*(2), 695–701. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.026

AACC. (1999). Approved method the American Association of cereal chemists. St. Paul.

Akesowan, A. (2009). Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, *8*(9), 1383–1386. https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1383.1386

Armero, E., & Collar, C. (1996). Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. *Journal of Food Science*, *61*(2), 299–303.

Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. (2008). Investigation of the effects of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying. *Drying Technology*, *26*(11), 1362–1368. https://doi.org/10.1080/07373930802333502

Ballesteros López, A. C., Guimarães Pereira, A. J., & Junqueira, R. G. (2004). Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *47*(1), 63–70.

Capellas, M. (2015). LWT - Food Science and Technology Chickpea and tiger nut fl ours as alternatives to emulsi fi er and shortening in gluten-free bread, *62*, 225–232. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.045

Çelik, I., Yilmaz, Y., Işik, F., & Üstün, O. (2006). Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. *Food Chemistry*, *101*(3), 907–911. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.063

Cornejo, F., & Rosell, C. M. (2015). Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(10), 6591–6598. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1720-8

Esteller, M. S., & Lannes, S. C. S. (2008). Production and characterization of sponge-dough bread using scalded rye. *Journal of Texture Studies*, *39*(1), 56–67. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2007.00130.x

Fathi, M., Mohebbi, M., & Razavi, S. M. A. (2011). Application of Image Analysis and Artificial Neural Network to Predict Mass Transfer Kinetics and Color Changes of Osmotically Dehydrated Kiwifruit. *Food and Bioprocess Technology*, *4*(8), 1357–1366. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0222-y

Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, *15*(3–4), 143–152. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012

Geuns, J. M. C. (2003). Stevioside. *Phytochemistry*, *64*(5), 913–921. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00426-6

Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, *21*(2), 167–173. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.012

Gularte, M. A., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. *Food and Bioprocess Technology*, *5*(8), 3142–3150. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0642-3

Hargreaves, S. M., & Zandonadi, R. P. (2018). Flaxseed and Chia Seed Gel on Characteristics of Gluten-Free Cake. *Journal of Culinary Science & Technology*, *16*(4), 378–388.

Hussein, E. A., El-Beltagy, A. E., & Gaafar, A. M. (2011). Production and quality evaluation of low calorie cake. *American Journal of Food Technology*, *6*(9), 827–834.

javad hesari, & seyed abbas rafat Elnaz shakouei seyed hadi peyghambar doust, sodeif azadmard. (2014). Effect of Different Concentrations of Xylitol on Physical and Sensory Properties of Sugar Cakes. *Food Industry Research*, *23*, 435–444.

Karp, S., Wyrwisz, J., Kurek, M., & Wierzbicka, A. (2016). Physical properties of muffins sweetened with steviol glycosides as the sucrose replacement.

www.SID.ir

Archive of SID

Food Science and Biotechnology, *25*(6), 1591–1596. https://doi.org/10.1007/s10068-016-0245-x

Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A., & Katnas, S. (2007). Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*, *78*(3), 953–964. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.034

Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., & Juszczak, L. (2009). The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids*, *23*(3), 988–995. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.010

Lakshminarayan, S. M., Rathinam, V., & KrishnaRau, L. (2006). Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(5), 706–712. https://doi.org/10.1002/jsfa.2400

Levent, H., & Bilgiçli, N. (2011). Enrichment of gluten-free cakes with lupin (Lupinus albus L.) or buckwheat (Fagopyrum esculentum M.) flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *62*(7), 725–728. https://doi.org/10.3109/09637486.2011.572546

Manisha, G., Soumya, C., & Indrani, D. (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids*, *29*(2), 363–373. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.04.011

mehran alami, & shbnam mokhtary Ali mehraban shandy. (2016). Physical and chemical characteristics of gluten-free sponge cake. *Researches in Iran Science and Technology*, *14*, 295–306.

Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, *56*(2), 476–481. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.012

Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., & Ereifej, K. I. (2006). Effect of chickpea, broad bean, or isolated soy protein additions on the physicochemical and sensory properties of biscuits. *Journal of Food Science*, *71*(6), S438–S442. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00077.x

Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D., & Venkateswara Rao, G. (2011). Effect of replacement of wheat flour with finger millet flour (Eleusine corcana) on the batter microscopy, rheology and quality characteristics of muffins. *Journal of Texture Studies*, *42*(6), 478–489. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00309.x

Ruiz-Ruiz, J. C., Moguel-Ordoñez, Y. B., Matus-Basto, A. J., & Segura-Campos, M. R. (2015). Antidiabetic and antioxidant activity of Stevia rebaudiana extracts (Var. Morita) and their incorporation into a potential functional bread. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(12), 7894–7903. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1883-3

Sabanis, D., & Tzia, C. (2011). Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*, *17*(4), 279–291. https://doi.org/10.1177/1082013210382350

Shaabani, S., Yarmand, M. S., Kiani, H., & Emam-Djomeh, Z. (2018). The effect of chickpea protein isolate in combination with transglutaminase and xanthan on the physical and rheological characteristics of gluten free muffins and batter based on millet flour. *LWT - Food Science and Technology*, *90*, 362–372. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.023

Song, J.-Y., & Shin, M. (2007). Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, *16*(5), 759–764.

Steffolani, E., Hera, E. D. E. L. A., Pérez, G., & Gómez, M. (2014). EFFECT OF CHIA (SALVIA HISPANICA L) ADDITION ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE BREAD, (2012), 309–317.

Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., & Javid, A. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (Salvia hispanica L .): a review. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(April), 1750–1758. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0

Yildiz, O., & Dogan, I. S. (2014). Optimization of gluten-free cake prepared from chestnut flour and transglutaminase: Response surface methodology approach. *International Journal of Food Engineering*, *10*(4), 737–746. https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0024

Zahn, S., Forker, A., Krügel, L., & Rohm, H. (2013). Combined use of rebaudioside A and fibres for partial sucrose replacement in muffins. *LWT - Food Science and Technology*, *50*(2), 695–701. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.026

www.SID.ir