تاثیر استفاده از آرد نخود خام و حرارت دیده بر ویژگی‌های کیفی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج

نازنین کریمی عبدالملکی[۱]، مهران اعلمی[۲*]، امان محمد ضیایی‌فر[۳]، محبوبه کشیری[۴]، بهاره فتحی[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
٤- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵- دانشجوی دکتری فناوری مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۹٦/۰٤/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹٦/۰۸/۱۰)

چکیده

سلیاک یک بیماری خودایمنی وراثتی بوده که به‌واسطه مصرف پروتئین‌های گلوتنی در افراد مبتلا به این مشکل ژنتیکی ایجاد می‌شود. از جمله آردهایی که برای تولید محصولات فاقد گلوتن می‌توان بکار برد آرد برنج و هم‌چنین آرد حبوباتی نظیر نخود می‌باشد. آرد نخود به دلیل محتوای پروتئین بالا و ارزش تغذیه‌ای می‌تواند در محصولات فاقد گلوتن استفاده شود. در این پژوهش، اثر آرد نخود خام و تیمارشده به روش حرارتی بر ویژگی‌های کیفی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور آرد نخود در معرض حرارت خشک قرار گرفته و در دو دمای ۹۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه حرارت‌دهی و سپس مقادیر مختلف (۲۵ و ۵۰ درصد) آرد تیمارشده در فرمولاسیون کیک به کار برده شد. خصوصیات فیزیکی خمیر و کیفیت کیک نهایی تهیه شده از آرد تیمار شده بررسی و با نمونه شاهد (کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج) و کیک تهیه شده از آرد نخود خام مقایسه گردید. نتایج نشان داد که کیک تهیه شده از آرد نخود خام دارای بافت متراکم، ضعیف‌تر و هم‌چنین حجم کمتری نسبت به کیک تهیه شده از آرد تیمارشده بود. هم‌چنین با استفاده از آرد تیمارشده، وزن مخصوص خمیر کاهش یافته و در نتیجه افزایش در حجم کیک و هم‌چنین کاهش سفتی در بافت مشاهده شد. به‌هرحال بر طبق نتایج، استفاده از ۲۵ درصد آرد نخود تیمارشده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه می‌تواند حجم، رنگ، پذیرش حسی و بافت کیک تهیه شده را بهبود بخشد.

کلید واژگان: تیمار حرارتی خشک، آرد نخود، آرد برنج، کیک بدون گلوتن

*مسئول مکاتبات: mehranalami@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

۱- مقدمه

فرآورده‌های آردی از پرمصرف‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان محسوب می‌شوند. از میان این محصولات، کیک به‌واسطه ویژگی‌های ارگانولپتیکی مناسب، راحتی در مصرف و ماندگاری طولانی مورد استقبال واقع شده است [۱]. کیک نوعی شیرینی با بافتی مخصوص است که مواد اصلی تشکیل‌دهنده آن آرد، شکر، تخم مرغ و روغن می‌باشد که هرکدام از آن‌ها نقش مهمی را در ساختار و کیفیت فرآورده ایفا می‌کنند [۲]. در تهیه کیک، آرد ماده اصلی به شمار می‌آید و موجب تثبیت ساختار مغز کیک می‌شود. کیفیت آرد مورد استفاده صنایع پختی، به کیفیت و کمیت پروتئین گلوتن موجود در آن بستگی دارد اما این پروتئین برای بیماران سلیاکی مشکل‌ساز می‌باشد. سلیاک یک اختلال خودایمنی بوده که فرد مبتلا قادر به تحمل پروتئین‌های ذخیره‌ای (پرولامین‌ها) از جمله گلایدین در گندم، سکالین در چاوردار و هوردئین در جو نمی‌باشند. تنها راه درمان این بیماری، پایبندی به یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر عمر بیمار می‌باشد [۳].

برنج یکی از مهم‌ترین غلات جهت تهیه رژیم غذایی افراد مبتلا به سلیاک است که دارای خواص تغذیه‌ای منحصر به فرد، بی‌رنگ، طعم دلپذیر و حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و مقدار زیاد کربوهیدرات با قابلیت هضم بالاست [٤]. در فرآورده‌های بر پایه برنج به دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل‌دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیکی پایین‌تر و برخی مشکلات کیفی نظیر بافت ضعیف و حجم پایین بروز می‌کند. از این رو می‌توان برای اصلاح ساختار فیزیکی، بافت و ارزش تغذیه‌ای (به دلیل متعادل‌سازی اسیدآمینه‌های ضروری) ازحبوبات بهره جست [٥]. دانه حبوبات (از خانواده لگومینوزا) با داشتن حدود ۳٦-۱۸ درصد پروتئین، نقش مهمی در تامین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد. مقدار پروتئین موجود در بذور حبوبات به مراتب بیشتر از پروتئین موجود در دانه غلات و گیاهان غده‌ای است [٦]. از جمله حبوباتی که می‌تواند برای بیماران سلیاکی مورد استفاده قرار گیرد، نخود (*Cicer arietinum*) می‌باشد که منبع غنی از پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و مواد معدنی است. پروتئین‌های نخود می توانند شبکه‌ای همانند گلوتن تشکیل داده و باعث احتباس گاز و افزایش حجم گردند و در نتیجه کیفیت محصول را بالاتر ببرند [۷]. گولارت و همکاران (۲۰۱۱) اثر افزودن آرد حبوبات مختلف از جمله آرد نخود را در کیک های فاقد گلوتن بر پایه برنج بررسی کردند و گزارش دادند که افزودن آرد نخود موجب افزایش ویسکوزیته خمیر، افزایش سفتی بافت، کاهش حجم کیک و افزایش ارتجاعیت و چسبندگی در کیک می‌گردد و هم‌چنین موجب افزایش محتوای پروتئین، فیبر و مواد معدنی در کیک خواهد شد [۸]. وجود طعم‌های نامطلوب و یا ترکیبات ضدتغذیه‌ای از جمله معایب استفاده از حبوبات می‌باشد که می‌توان آن‌ها را با تیمارهای حرارتی برطرف نمود. با توجه به این که ارزش تغذیه‌ای و کیفیت محصولات نانوایی بدون گلوتن از جمله ساختار، احساس دهانی، قابلیت پذیرش و ماندگاری آن‌ها پایین‌تر از محصولات حاوی گلوتن می‌باشد [۹]، با استفاده از تیمارهای فیزیکی از جمله فرآیند حرارتی می‌توان ویژگی‌های عملکردی آرد مورد استفاده در محصولات بدون گلوتن را اصلاح نمود. تیمار حرارتی آرد به عنوان یک روش عملی برای بهبود کیفیت نان و کیک، به خصوص برای آردهایی که ساختار ضعیف‌تری دارند، استفاده می‌گردد [۱۰] و نخستین بار توسط روسو و دو در سال ۱۹۷۰ مورد مطالعه قرار گرفت. آن‌ها از دامنه دمایی ۱۱۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٦۰ دقیقه استفاده نموده و گزارش کردند که تیمار حرارتی باعث غیرطبیعی شدن پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می شود که موجب افزایش گسترش خمیر می‌گردد [۱۱]. ناکامورا و همکاران (۲۰۰۸)، آرد گندم را در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه تیمار کردند و افزایش حجم را در کیک حاصل مشاهده کردند [۱۲]. گلیناس و همکاران (۲۰۰۱) وجود حفره‌های منظم‌تری در محصول را بعد از تیمار حرارتی آرد مربوطه نسبت به نمونه شاهد مشاهده کردند. هم‌چنین بیان کردند تیمار حرارتی آرد مورد استفاده در نان هم موجب افزایش پایداری، ویسکوزیته و استحکام خمیر نان می‌گردد [۱۳]. وجود این فاکتورها، موجب افزایش الاستیسیته خمیر و اثرات مثبت در حجم و ارتجاعیت نان می‌گردد [۱٤]. سگوچی و ماتسوکی در سال ۱۹۷۷ گزارش دادند که حرارت دادن آرد موجب کاهش چسبندگی و افزایش خاصیت ارتجاعی محصول می گردد [۱٥]. سگوچی (۱۹۹۰) گزارش داد که تیمار حرارتی، خصوصیات سطحی گرانول‌های نشاسته گندم را از حالت آب-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

دوست به آب‌گریز تغییر می‌دهد [۱۶] کـه بـا افـزایش آب‌گریـزی گرانول‌های نشاسته حرارت دیده، ثبات حباب‌های هـوا در خمیـر کیک افزایش مـی‌یابـد [۱۷]. مارسـتون و همکـاران (۲۰۱۶)، اثـر تیمار حرارتی را بر روی آرد سورگوم و استفاده از آن را در کیـک و نان فاقد گلوتن بررسی کردند و گـزارش دادنـد کـه ایـن تیمـار موجب افزایش ویسکوزیته خمیر شده و هم چنین موجـب بهبـود بافت، حجم و بازارپسندی محصول نسبت به نمونـه شـاهد مـی-گردد [۱۰]. در حال حاضر مکانیسمی کـه موجـب بهبـود آرد بـا تیمار حرارتی می‌گردد، دقیق و به‌طور کامل مشخص نشده اسـت اما، این را می دانیم که در طول تیمـار حرارتـی، غیرطبیعـی شـدن پروتئین و ژلاتینه شدن جزئی نشاسته اتفاق مـی‌افتـد کـه موجـب افزایش در ویسکوزیته، بهبود بافت و حجم محصول نهـایی مـی-گردد [۱۸]. مرور منابع نشان می‌دهـد تـاکنون پژوهـشی در مـورد اسـتفاده از تیمـار حرارتـی آرد نخـود و بـه کـار بـردن آن در فرمولاسیون کیک فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج انجام نـشده اسـت، لذا در این پژوهش تاثیر جایگزینی جزئی آرد بـرنج بـا آرد نخـود خام و تیمارشده به روش حرارتی خشک بـر خـصوصیات کیفـی کیک فاقد گلـوتن از جملـه وزن مخـصوص خمیـر، ویـسکوزیته خمیر، بافت، حجم و رنگ کیک بررسی گردید.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیـه کیـک شـامل آرد بـرنج، آرد نخـود، پودرقنـد، روغـن گیاهی، تخم مرغ، آب، وانیل، بکینگ پودرو امولسی‌فایر (مخلـوط مونو و دی گلیسرید) بود. برنج نیم‌دانه رقـم فجـر تهیـه و سـپس جهت تهیه آرد، به مدت ۲ ساعت در آب سرد خیسانده و پـس از خشک شدن در دمای اتاق، توسط آسیاب به آرد تبدیل شد. نخود رقم کرمانشاهی مورد تایید جهاد کـشاورزی خریـداری و بعـد از شست‌و شو و خشک شدن آن‌ها در دمای اتاق، توسط آسیاب بـه آرد تبدیل شد. در پایان آردهای مربوطه از الـک بـا انـدازه منافـذ ۱۸۰ میکرون عبور داده شدند. بقیـه مـواد مـورد اسـتفاده در تهیـه کیک از فروشگاه های معتبر تهیه شدند.

۲-۱- تیمار حرارتی خشک

۴۰۰ گرم از آرد نخـود بـر روی یـک فویـل آلومینیـومی بـا ابعـاد ۲/۵×۳۰×۶۰ و ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر پخش گردیـد و سـپس در داخل آون (ساخت آلمان، شرکت ممرت، مدل WNB22) قـرار داده و در دمای ۹۰ یا ۱۲۰ درجه سـانتی‌گـراد بـه مـدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه حرارت دهی شد [۱۰]. بعد از پایان حرارت دهی، نمونه‌هـا در دمای اتاق (۲۶-۲۸) درجـه سـانتی‌گـراد خنـک شـدند و بـه-منظـورتنظیم رطوبـت آرد تیمارشـده، رطوبـت آن انـدازه گیـری (AACC 44-16) [۱۹] و طبق فرمول زیر، مقدار مشخص آب به آرد تیمار شده اسپری شد تا بـه رطوبـت اولیـه (۷/۶۶) درصـد برسد [۱۰].

$$D = \frac{A-B}{100-A} \times C$$

C= وزن آرد (برحسب گرم)

D= مقدار آب مورد نیاز برای افزودن به آرد (برحسب گرم)

A= رطوبت اولیه و نهایی آرد

B= میزان رطوبت آرد بعد تیمار حرارتی

پس از تنظیم رطوبت، آردهای تیمارشده از الک با اندازه منافذ ۸۰ میکرون عبور داده شدند و سپس در کیسه‌های پلی اتیلنـی بـسته-بندی و تا زمان استفاده در دمای ٤ درجـه سـانتی‌گـراد نگهـداری شدند.

۲-۲- روش تهیه خمیر و تولید کیک

جهت تهیه خمیر از روش شکر-خمیر بـا انـدکی تغییـر در مقـدار مواد اولیه استفاده گردیـد [۲۰]. مـواد اولیـه شـامل: ۱۰۰گـرم آرد برنج، ۷۲ گـرم پودرقنـد، ۵۷ گـرم روغـن، ۰/۲۵گـرم امولـسیفایر، ۰/۵گرم وانیل، ۷۲ گرم تخم مرغ، ۲ گرم بکینگ پـودر و ۳۰ گـرم آب بودند. برای بررسی تاثیر استفاده از آرد نخود در فرمولاسیون کیک، مقادیر مختلف آرد برنج با آرد نخـود (۰، ۲۵ و ۵۰ درصـد) جایگزین گردید. جهت تهیه کیک ابتـدا روغـن و پودرقنـد را هـم زده تا به مایع کرم رنگی تبدیل شد. سپس تخـم مـرغ را کـه قـبلا زده شده بود به مـایع اضـافه کـرده و ۲ دقیقـه بـا دور تنـد کـاملا مخلوط شدند. نصف آب را اضافه کرده و هم زده و سـپس مـواد پودری را که قبلا مخلوط شده بودند با دور آهسته هم زده شدند. در نهایت نصف دیگرآب به خمیر اضافه شـد. ۳۰ گـرم از خمیـر آماده شده را در قالب ریخته و به مـدت ۲۵ دقیقـه در دمـای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در فر برقی پخته شد. پس از پخت و سرد شـدن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

در دمای اتاق، کیک‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها نگهداری شدند.

۲-۳- آزمون های شیمیایی

میزان رطوبت آرد مطابق روش(۱۶-۴۴ AACC (۲۰۰۰))، خاکستر مطابق روش (۰۱-۰۸ AACC (۲۰۰۰))، چربی مطابق روش (۳۰-۱۰ AACC (۲۰۰۰)) و پروتئین مطابق روش(۱۲-۴۶ AACC (۲۰۰۰)) اندازه‌گیری شد. فاکتور پروتئینی جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین برای آرد برنج ۵/۹۵ و برای آرد نخود ۶/۲۵ در نظر گرفته شد. هم‌چنین از کم کردن مجموع رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی از ۱۰۰، درصد کربوهیدارت محاسبه گردید.

۲-۴- آزمون های خمیر

۲-۴-۱- تعیین وزن مخصوص خمیر

برای اندازه‌گیری وزن مخصوص، وزن حجم معینی از خمیر در ظرفی مخصوص توزین و به وزن همان حجم از آب تقسیم گردید [۲۱].

۲-۴-۲- ویسکوزیته خمیر

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (مدل DV-II، ساخت آمریکا) استفاده شد. بر اساس آزمون و خطا و راهنمای دستگاه، اسپیندل شماره ۶ از مجموع Helipath Spindle انتخاب شد. به این منظور، خمیرتازه در بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شده و اسپیندل تا خط نشانه وارد نمونه شد. سپس ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با سرعت چرخشی برابر ۲۵ دور در دقیقه اندازه-گیری شد [۲۲].

۲-۵- آزمون های کیک

۲-۵-۱- حجم کیک

برای اندازه گیری حجم کیک از روش جابجایی دانه کلزا استفاده شد. در این روش ابتدا دانسیته توده‌ای کلزا با استفاده از وزن و حجم مشخصی از دانه‌ها محاسبه شد. سپس نمونه به همراه دانه-های کلزا با هم داخل ظرفی با ابعاد مشخص قرار داده و توزین شد. در نهایت حجم بر اساس رابطه زیر محاسبه شد [۱۹].

$$W_{کلزا} = W_{کل} - W_{کیک} - W_{ظرف}$$

$$V_{کلزا} = \frac{W_{کلزا}}{\rho_{کلزا}}$$

$$V_{کیک} = W_{ظرف} - W_{کلزا}$$

در این رابطه W: وزن (گرم)، V: حجم (سانتی‌متر مکعب) و ρ: دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

۲-۵-۲- سفتی مغز کیک

برای ارزیابی بافت کیک در همان روز پخت، ابتدا قطعات ۲×۲ سانتی‌متر از مغز نمونه‌ها بدون پوسته تهیه شد. سپس با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (شرکت استیبل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، انگلستان) و با به کارگیری پروب P/36R (قطر ۳۶ میلی-متر) به اندازه ۱ سانتی‌متر (۵۰ درصد) از بافت فشرده شد. سرعت اعمال نیروی قبل، حین و بعد از آزمون به ترتیب ۲، ۱ و ۲ میلی‌متر بر ثانیه بود. شاخص مورد مطالعه در این پژوهش، میزان سفتی بافت (برحسب نیوتن) می‌باشد [۲۳].

۲-۵-۳- اندازه‌گیری رنگ مغز کیک

آنالیز رنگ توسط نرم افزار Image J و اندازه‌گیری سه شاخص L^*، a^* و b^* انجام شد. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه مطلق) تا ۱۰۰ (سفید مطلق) متغیر است. شاخص a^*، نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبزمطلق) تا ۱۲۰+ (قرمز مطلق) می‌باشد و شاخص b^* نشان‌دهنده نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد است که دامنه آن از ۱۲۰- (آبی مطلق) تا ۱۲۰+ (زرد مطلق) در نظر گرفته شده است. عکس برداری از نمونه‌ها توسط اسکنر (مدل LIDE 120، شرکت Canon، ژاپن) از مغز کیک صورت گرفت. سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای رنگی Lab در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شدند [۲۴].

۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، کلیه نمونه‌ها در ۳ تکرار تولید و آزمون‌ها حداقل در سه تکرار انجام گرفت. داده‌های به دست آمده از آزمون‌ها با استفاده از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل با استفاده از نرم

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

افزار SAS 9.1 مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. شرح تیمارهای انجام شده بدین صورت می‌باشد:

Time (min)	Temperature (°c)	Chickpea (%)Flour	Symbols	Treatment
-	-	-	R	1
-	-	25	RP-25	2
-	-	50	RP-50	3
15	90	25	TP 90-15-25	4
15	90	50	TP 90-15-50	5
30	90	25	TP 90-30-25	6
30	90	50	TP 90-30-50	7
15	120	25	TP 120-15-25	8
15	120	50	TP 120-15-50	9
30	120	25	TP 120-30-25	10
30	120	50	TP 120-30-50	11

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی آردها

Table 1 Chemical compounds of rice flour and peas flour

Chickpea flour	Rice flour	Properties
7.66	8.04	Moisture
20.40	9.06	Protein
2.50	0.56	Ash
5.73	1.45	Fat
63.71	80.89	Carbohydrate

۳-۲- وزن مخصوص خمیر

نتایج حاصل از اثر تیمار حرارتی بر وزن مخصوص خمیر در جدول (۲) آورده شده است. بررسی داده‌های حاصل نشان داد که افزودن آرد نخود تیمار نشده به خمیر موجب افزایش معنی‌دار وزن مخصوص خمیر نسبت به نمونه شاهد (کیک تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد برنج) گردید ($P<0.05$) که می‌تواند به دلیل کاهش قابلیت نگهداری گاز در خمیر کیک باشد. هم‌چنین با افزودن آرد نخود تیمار شده به خمیر کیک، کاهش معنی‌داری در وزن مخصوص خمیر نسبت به آرد نخود تیمارنشده مشاهده شد ($P<0.05$) که موجب شده میزان حباب‌های بیشتری در خمیر در طول مخلوط کردن به دام افتاده و در نتیجه موجب بالا رفتن حجم کیک شد. بر طبق نتایج بدست آمده، خمیر تهیه شده از آرد تیمار شده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه کمترین وزن مخصوص را داراست و بنابراین وزن مخصوص خمیر حاوی آرد نخود تیمارنشده بالاتر از نمونه‌های حاوی آرد نخود تیمارشده می‌باشد. آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دمای تیمار و سطح آرد نخود بر وزن مخصوص خمیر، معنی‌دار ($P<0.05$) و اثر زمان تیمار بر وزن مخصوص خمیر معنی دار نبود ($P<0.05$). به عبارت دیگر هرچه دمای تیمار افزایش یافت، به دلیل افزایش قوام خمیر و بالطبع سفت‌تر شدن آن، وزن مخصوص نیز اندکی بالا رفت[۱]. بنابراین نتیجه می‌گیریم با اعمال تیمار حرارتی آرد، میزان وزن مخصوص خمیر نسبت به

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

خمیر حاصل از آرد تیمارنشده کمتر می‌گردد که این به دلیل افزایش میزان ورود حباب‌های گاز به داخل سیستم خمیر است. وزن مخصوص خمیر یک فاکتور مهم در کیفیت کیک محسوب می‌شود، به‌طوریکه وزن مخصوص کم، نشان‌دهنده هوادهی بهتر خمیر می‌باشد. هرچه وزن مخصوص خمیر کمتر باشد به این معنی است که مقدار زیادی حباب گاز در خمیر وارد شده است که می تواند در طی پخت بزرگتر شده و موجب افزایش حجم نهایی کیک گردد [۲۱]. مارستون و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که اعمال تیمار حرارتی بر روی آرد سورگوم موجب کاهش وزن مخصوص خمیر و در نتیجه افزایش حجم کیک نسبت به کیک‌های تهیه شده از آرد تیمارنشده می‌گردد [۱۰]. فتحی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزودن آرد ارزن تیمارشده به روش حرارتی-رطوبتی به خمیر کیک، موجب کاهش وزن مخصوص خمیر و خمیر تهیه شده از آرد تیمارنشده دارای بیشترین وزن مخصوص بود [۲۵].

Table 2 Specific gravity of the dough containing untreated and treated chickpea flour

Specific Gravity	Treatment
0.913 ± 0.004^{ef}	1
0.954 ± 0.001^{bcd}	2
1.018 ± 0.002^{a}	3
0.928 ± 0.002^{def}	4
0.970 ± 0.002^{bc}	5
0.907 ± 0.001^{f}	6
0.941 ± 0.001^{cde}	7
0.938 ± 0.002^{cdef}	8
0.980 ± 0.002^{b}	9
0.943 ± 0.004^{cde}	10
1.038 ± 0.044^{a}	11

Means and standard deviations are reported (n=3). Means with different letters within same column are significantly different (P<0.05).

۳-۳- ویسکوزیته خمیر

نتایج حاصل از اثر تیمار حرارتی بر ویسکوزیته خمیر در شکل (۱) آورده شده است که حاکی از آن است که با افزودن هرچه بیشتر آرد نخود تیمار نشده، ویسکوزیته خمیر نسبت به نمونه شاهد (خمیر حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج) افزایش یافت (۰/۰۵ >P). بنا به یافته‌های بی تقصیر و همکاران (۱۳۹۳) میزان ویسکوزیته با مقدار آب نسبت عکس دارد. بنابراین آرد نخود نیز با داشتن پروتئین‌هایی که قدرت اتصال به آب را دارند می‌تواند میزان آب خمیر را کاهش داده و موجب افزایش ویسکوزیته شود. با اعمال تیمار حرارتی بر روی آرد نخود هم میزان ویسکوزیته خمیر نسبت به نمونه‌های تیمار نشده افزایش یافت (۰/۰۵ >P) ویسکوزیته خمیر یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی در پخت کیک محسوب می‌شود و می‌تواند تعیین‌کننده میزان حباب‌های هوا، نحوه توزیع آن‌ها، بافت و پذیرش حسی محصول نهایی باشد [۲۲]. ویسکوزیته پایین خمیر موجب کاهش حجم کیک می‌گردد، چون خمیر توانایی به دام انداختن حباب-های هوا را نداشته و در نتیجه این حباب‌ها به سمت سطح خمیر می‌روند و در فر پخت از کیک خارج می‌گردند [۲۶]. با این حال ویسکوزیته بالا نیز همیشه موجب افزایش حجم کیک نمی‌گردد. همواره یک ویسکوزیته کافی و بهینه برای به‌وجود آوردن حجم بالا نیاز است [۸]. نتایج نشان داد که اثر دمای تیمار، زمان تیمار و سطح آرد نخود افزوده شده بر روی ویسکوزیته موثر و معنی-دار می‌باشد (۰/۰۵ >P). به این ترتیب که با افزایش دما و زمان تیمار حرارتی بر میزان ویسکوزیته افزوده شد که می‌تواند به دلیل ترکیب تورم نشاسته، ژلاتینه شدن و هم چنین غیرطبیعی شدن پروتئین‌های موجود در آرد نخود باشد [۱۸]. به‌طوری‌که بیشترین ویسکوزیته مربوط به تیمار ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه بود اما این افزایش بیشتر ویسکوزیته نشان‌دهنده افزایش حجم کیک نبوده و موجب عدم انبساط حباب‌های هوا حین پخت گردید. کوک (۲۰۰۲) بیان داشت که تیمار حرارتی آرد گندم می تواند موجب افزایش ویسکوزیته خمیر و روی هم رفته بهبود خصوصیات بافتی کیک گردد [۲۷]. مارستون و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که ویسکوزیته خمیر تهیه شده از آرد سورگوم تیمارشده بیشتر از خمیر تهیه شده از آرد تیمارنشده می-باشد که این به دلیل تورم گرانول‌های نشاسته و ژلاتینه‌شدن آن‌ها می‌باشد [۱۰]. آتنبارو و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که حرارت‌دهی آرد گندم موجب تجمع و مرتبط شدن باندهای دی سولفید، تغییر شکل آن‌ها و درنتیجه افزایش ویسکوزیته خمیر تهیه شده می‌گردد [۲۸]. فتحی و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش دادند که خمیر تهیه شده از آرد ارزن تیمار شده به روش حرارتی-رطوبتی ویسکوزیته بیشتری نسبت به خمیر تهیه شده از آرد ارزن تیمارنشده دارد [۲۵].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

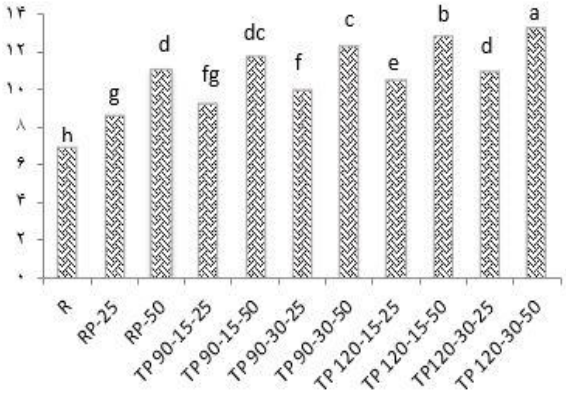

Fig 1 Viscosity of the dough containing untreated and treated chickpea flour. Bars containing different letters are significantly different (P<0.05).
* The numbers below the graph represent the treatment temperature, the treatment time and the levels of the substituted chickpea flour.

۳-٤- ارزیابی حجم کیک

نتایج حاصل از داده‌های حجم در جدول شماره (۳) آورده شده است. حجم کیک یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی کیک به شمار می‌رود به‌طوری‌که کیک با حجم بالاتر بازارپسندی بیشتری دارد. نتایج نشان داد که با افزایش سطح آرد نخود تیمار نشده، حجم کیک به تدریج کم‌تر شد که می‌توان دلیل آن را غیرقابل اتساع بودن شبکه پروتئینی تشکیل شده و عدم نگه‌داری گازها در درون این شبکه بیان کرد [۲۹]. اما زمانی که از آرد تیمار شده استفاده شد، حجم کیک‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر دما، زمان، سطح آرد نخود و اثر متقابل زمان و دمای تیمار معنی‌دار بوده و بر حجم موثر می‌باشند. با افزایش دما و زمان تیمار، به تدریج از حجم کیک کاسته شد که به دلیل ژلاتینه شدن بیش از حد گرانول‌های نشاسته و جذب آب بیشتر توسط آن‌ها می باشد که منجر به کاهش حجم کیک شد. اما هم‌چنان از نمونه حاوی آرد نخود تیمار نشده حجم بالاتری را نشان دادند. داده‌ها نشان می دهد که کیک حاوی ۲۵ درصد آرد نخود تیمار شده در دمای ۹۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه دارای بیش‌ترین حجم بود و تفاوت معنی‌داری با کیک تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد برنج نداشت. با اعمال تیمار حرارتی بر روی آرد، ژلاتینه شدن نشاسته اتفاق می‌افتد و در پی آن افزایش ویسکوزیته را در خمیر شاهد هستیم که افزایش ویسکوزیته، میزان حباب هوای وارد شده به خمیر را طی مخلوط کردن بالا برده و از سرعت حرکت حباب-های هوا در حین پخت کاسته و کمک می‌کند هوا در حین پخت در خمیر باقی بماند و حجم را بالا ببرد [۳۰]. ویسکوزیته پایین خمیر موجب کاهش حجم کیک می‌گردد، چون خمیر توانایی به دام انداختن حباب‌های هوا را نداشته و در نتیجه این حباب‌ها به سمت سطح خمیر می‌روند و در فر پخت از کیک خارج می-گردند [۲۶]. با این حال ویسکوزیته بالا نیز همیشه موجب افزایش حجم کیک نمی‌گردد. همواره یک ویسکوزیته کافی و بهینه برای به‌وجود آوردن حجم بالا نیاز است [۸]. مارستون و همکاران (۲۰۱٦) اثر تیمار حرارتی آرد سورگوم را بر کیفیت کیک و نان تولیدشده از آن بررسی کردند و گزارش دادند که با اعمال تیمار حرارتی، حجم کیک نهایی افزایش یافت که دما و زمان بهینه پژوهش خود را ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه گزارش کردند [۱۰]. پانگجاراوات و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که استفاده از نشاسته پیش ژلاتینه شده کاساوا در کیک فاقد گلوتن تهیه شده از برنج، حجم ویژه را افزایش داد [۳۱]. سگوچی (۱۹۹۰) گزارش داد که تیمار حرارتی آرد گندم، خصوصیات سطحی گرانول‌های نشاسته گندم را از حالت آب-دوست به آب‌گریز تغییر می‌دهد [۱٦]. با افزایش آب‌گریزی گرانول‌های نشاسته حرارت دیده، ثبات حباب‌های هوا در خمیر کیک افزایش می‌یابد [۱۷].

Table 3 Volume of the cake containing untreated and treated chickpea flour

Volume (cm^3)	Treatment
65/61±0.12[a]	1
64.50±0.07[d]	2
63.42±0.02[g]	3
65.10±0.07[b]	4
64.15±0.04[e]	5
65.58±0.02[a]	6
64.65±0.07[c]	7
65.05±0.01[b]	8
64.13±0.04[e]	9
64.77±0.03[c]	10
63.86±0.08[f]	11

Means with different letters within same column are significantly different (P<0.05).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

۳-۵- سفتی بافت مغز کیک

سفتی کیک به معنی مقاومت مغز کیک به تغییر شکل بر اساس ماکزیمم نیروی وارده بر آن است [۳۲]. میزان سفتی نمونه‌های کیک در جدول (٤) گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد سطح آرد نخود تیمار نشده، میزان سفتی بافت افزایش یافت. زیرا افزودن آرد نخود تیمار نشده باعث کاهش توان نگهداری هوا در خمیر و افزایش وزن مخصوص گردید و هم‌چنین منجر به کاهش حجم و در نتیجه سفتی بافت شد. گولارات و همکاران (۲۰۱۲) تاثیر افزودن آرد حبوبات مختلف از جمله آرد نخود را بر کیفیت کیک فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج بررسی و گزارش دادند که با افزودن آرد نخود به خمیر کیک، میزان سفتی کیک افزایش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش در یک راستا بود. نتایج سفتی در روز پخت نشان داد که تیمار حرارتی به وضوح بر روی بافت کیک موثر بوده و موجب نرم‌تر شدن بافت می‌گردد. نرم شدن بافت کیک طی اعمال تیمار حرارتی آرد، مربوط به کاهش وزن مخصوص خمیر و درنتیجه افزایش حباب های هوا در سیستم خمیر می باشد (مارستون و همکاران، ۲۰۱٦). بر اساس نتایج آنالیز واریانس، اثر دمای تیمار، زمان تیمار، سطح آرد و اثر متقابل زمان و دما بر روی سفتی بافت معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). با افزایش دمای تیمار (۱۲۰ درجه سانتی‌گراد)، بافت کیک اندکی سفت‌تر از دمای ملایم‌تر (۹۰ درجه سانتی گراد) شد که می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش دما و زمان تیمار، گرانول‌های نشاسته بیش از اندازه ژلاتینه شده و موجب جذب آب بیشتر و درنتیجه افزایش بیش از اندازه ویسکوزیته و در نهایت سفت‌تر شدن بافت شدند. اما بافت آن‌ها هم‌چنان از کیک تهیه شده از آرد خام نرم‌تر می‌باشد. همان‌طور که در جدول (٤) مشاهده می‌شود، کیک تهیه شده از آرد نخود تیمارشده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه کم-ترین سفتی بافت را نشان داد که با کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج تفاوت معنی‌داری نداشت ($P<۰/۰۵$). استفاده از آرد تیمار شده به روش حرارتی در فرمولاسیون کیک می‌تواند ساختار آن را تقویت کند و مقدار حباب‌های هوا وارد شده در خمیر کیک را افزایش دهد که منجر به وزن مخصوص کمتر و قوام بیشتر می-گردد. وزن مخصوص و قوام خمیر فاکتورهای اصلی مؤثر بر حجم نهایی کیک و درنتیجه ویژگی‌های بافتی آن هستند. مارستون و همکاران (۲۰۱٦)، اثر تیمار حرارتی آرد سورگوم را بر خصوصیات نان و کیک تولید شده بررسی کردند و گزارش دادند که تیمار آرد در دمای ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد و دمای ۳۰ دقیقه بهترین بافت را هم در کیک و هم در نان تولیدشده ایجاد کرد [۱۰]. فتحی و همکاران (۲۰۱٦) به بررسی اثر آرد ارزن تیمار شده به روش حرارتی-رطوبتی در کیک فاقد گلوتن پرداختند و گزارش دادند که استفاده از آرد تیمار شده به این روش موجب نرم‌تر شدن بافت نسبت به کیک تهیه شده از آرد تیمارنشده می‌گردد [۲۵]. جئونگ و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که افزودن آرد برنج اکسترود شده به کیک فاقد گلوتن موجب نرم‌تر شدن بافت کیک می‌گردد [۳۳]. فاستیر و گلیانس (۱۹۹۸) نیز بیان داشتند که تیمار حرارتی آرد، موجب افزایش انسجام و ارتجاعیت و کاهش صمغیت کیک نهایی می گردد [۳٤].

Table 4 Hardness of the cake containing untreated and treated chickpea flour

Hardness (N)	Treatment
5.300 ± 0.135^{h}	1
5.907 ± 0.094^{e}	2
6.846 ± 0.026^{a}	3
5.512 ± 0.054^{g}	4
6.484 ± 0.014^{c}	5
5.261 ± 0.060^{h}	6
6.231 ± 0.072^{d}	7
5.623 ± 0.036^{fg}	8
6.643 ± 0.012^{b}	9
5.759 ± 0.069^{f}	10
6.731 ± 0.042^{ab}	11

Means with different letters within same column are significantly different ($P<0.05$).

۳-٦- ارزیابی رنگ مغز کیک

اثر تیمار حرارتی بر رنگ مغز نمونه‌های کیک در جدول (٦) آورده شده است. بر اساس نتایج حاضر، با افزودن آرد نخود تیمار نشده به خمیر کیک، میزان شاخص L^* کیک بطور معنی-داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$) به این دلیل که آرد نخود شاخص L^* پایینی دارد (جدول ۵) و هم‌چنین پروتئین‌های آن به عنوان سوبسترا در واکنش غیرآنزیمی مایلارد شرکت و رنگدانه‌های

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

قهوه‌ای تولید کرده و باعث تیره‌تر شدن کیک می‌گردد. بالا بودن میزان روشنایی آرد برنج نیز می تواند دلیلی بر افزایش شاخص L^* نمونه‌های فاقد آرد نخود باشد. مولفه‌های a^* و b^* نیز با افزایش سطح آرد نخود به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$). گولارت و همکاران (۲۰۱۲)، اثر افزودن آرد حبوبات مختلف را به کیک بر پایه آرد برنج بررسی کرده و بیان کردند که با افزودن آرد نخود به کیک حاوی آرد برنج شاخص L^* کاهش و میزان شاخص a^* و b^* افزایش داشت که با نتایج حاصل از این پژوهش در یک راستا بود [۸].

Table 5 Color value of Rice and Chickpea flour

b*	a*	L*	Sample
5.45±0.16	0.35±0.21	66.12±0.31	Rice flour
22.21±0.24	6.32±0.08	55.54±0.18	Chickpea flour

با اعمال تیمار حرارتی شاخص L^* کاهش معنی‌داری یافت. به‌طوری‌که با افزایش دما و زمان تیمار از شدت روشنایی کیک کاسته شد. بنابراین آرد تیمارشده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد و زمان ۳۰ دقیقه دارای کم‌ترین میزان روشنایی نسبت به نمونه شاهد بود ($P<0/05$). شاخص a^* با اعمال تیمار حرارتی، افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه تیمار نشده داشت. بر طبق نتایج حاصل، اثر زمان تیمار بر

شاخص a^* بی‌معنی اما اثر دمای تیمار و سطح آرد نخود بر شاخص a^* معنی‌دار بود ($P< 0/05$). تیمار حرارتی بر شاخص b^* هم به‌طور معنی‌داری موثر و موجب افزایش آن شد. نتایج نشان داد که با افزایش دما و ثابت نگه داشتن زمان، شاخص b^* افزایش یافت اما این تغییرات تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. اما اثر زمان و سطح آرد بر شاخص b^* تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد ($P< 0/05$). مارستون و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که تیمار حرارتی آرد سورگوم، موجب کاهش روشنایی و افزایش شاخص a^* و b^* می گردد که با نتایج حاصل از این پژوهش در یک راستا بود [۱۰]. جئونگ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که با افزایش آرد اکسترود شده به کیک، شاخص L^* کاهش اما شاخص b^* افزایش داشت [۳۳]. فتحی و همکاران (۲۰۱۶) آرد ارزن تیمار شده با فرآیند حرارتی-رطوبتی را در کیک بدون گلوتن به کار برده و گزارش دادند که شاخص L^* کاهش ولی شاخص a^* و b^* نسبت به نمونه تیمار نشده افزایش یافت [۲۵].

Table 6 Color value of crumb of cakes containing untreated and treated chickpea flour

b*	a*	L*	Treatment
37.82±0.08^{g}	-0.62±0.01^{g}	88.61±0.08^{a}	1
42.22±0.08^{f}	0.54±0.03^{f}	85.94±0.26^{b}	2
45.32±0.02^{c}	1.21±0.05^{e}	83.57±0.04^{e}	3
42.32±0.02^{fe}	1.67±0.08^{d}	85.68±0.28^{cb}	4
45.44±0.02^{b}	2.64±0.04^{b}	83.44±0.05^{fe}	5
42.52±0.08^{d}	1.71±0.97^{d}	85.45±0.14^{cd}	6
45.62±0.04^{a}	2.71±0.02^{b}	83.20±0.22^{f}	7
42.40±0.05^{e}	1.87±0.14^{c}	85.59±0.04^{cd}	8
45.50±0.02^{b}	2.84±0.06^{a}	83.37±0.12^{fe}	9
42.59±0.13^{d}	1.92±0.08^{c}	85.38±0.11^{d}	10
45.70±0.07^{a}	2.90±0.36^{a}	83.14±0.97^{f}	11

Means with different letters within same column are significantly different (P<0.05).

۳-۷- ارزیابی حسی

اثر افزودن آرد نخود خام و حرارت‌دیده بر خصوصیات حسی کیک‌ها در جدول (۷) آورده شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزودن سطوح مختلف آرد نخود تیمارنشده از امتیاز ظاهر، بافت، طعم، رنگ و به‌طورکلی پذیرش کلی کاسته شد ($P<0/05$) که این می‌تواند به دلیل متراکم و سفت‌تر بودن بافت کیک باشد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که استفاده از آرد نخود تیمارشده موجب پذیرش هرچه بیشتر محصول نهایی گردید. به این دلیل که با اعمال تیمار حرارتی، نشاسته موجود در آرد ژلاتینه شده و موجب جذب آب در محصول و نرم‌تر شدن آن نسبت به نمونه شاهد می‌گردد. بررسی‌ها نشان داد که اثر دمای تیمار و سطح آرد نخود تیمارشده بر بافت، ظاهر و طعم کیک‌ها معنی‌دار بود و بر امتیاز آن افزود. هم‌چنین با افزایش شدت تیمار به دلیل افزایش در ترکیبات مولد عطر و آروما ایجاد شده در طی واکنش مایلارد و تیمار حرارتی از امتیاز پذیرش آن‌ها اندکی کاسته شد [۲۹]. اما هم‌چنان امتیاز آن‌ها از نمونه‌های تیمارنشده بالاتر بود. به‌طور کلی بر اساس نتایج موجود می‌توان گفت استفاده از ۲۵ درصد آرد نخود تیمارشده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه می‌تواند محصولی را با ظاهر، بافت، رنگ، طعم و به‌طورکلی پذیرش کلی بالا تولید کند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

Table 7 Sensory properties of cakes containing untreated and treated chickpea flour

Total acceptability	Color	Taste	Texture	Appearance	Treatment
4.20±0.85^{a}	4.35±0.66^{a}	4.37±0.01^{a}	4.50±0.57^{a}	4.25±0.50^{a}	1
3.50±0.07^{ab}	3.90±0.42^{b}	3.90±0.35^{b}	3.50±0.03^{cdef}	3.50±0.57^{dc}	2
2.50±0.01^{d}	3.26±0.05^{c}	3.10±0.63^{c}	2.75±0.38^{f}	2.57±0.95^{f}	3
3.85±0.10^{ab}	4.20±0.42^{a}	4.10±0.02^{ab}	3.85±0.04^{abc}	3.85±0.10^{bc}	4
2.97±0.15^{bcd}	3.54±0.12^{bc}	3.30±0.31^{bc}	3.10±0.20^{cdef}	3.25±0.49^{de}	5
4.15±0.81^{a}	4.22±0.43^{a}	4.25±0.04^{a}	4.35±0.02^{ab}	4.15±0.09^{ab}	6
3.25±0.04^{abc}	3.60±0.42^{bc}	3.47±0.37^{bc}	3.55±0.05^{cde}	3.62±0.75^{dc}	7
3.87±0.15^{ab}	4.15±0.06^{ab}	4.03±0.07^{a}	3.70±0.03^{bcd}	3.72±0.74^{c}	8
2.90±0.11^{bcd}	3.58±0.05^{bc}	3.25±0.31^{bc}	3.00±0.01^{def}	3.10±0.40^{ef}	9
3.62±0.43^{ab}	3.82±0.07^{b}	3.97±0.04^{b}	3.60±0.09^{cde}	3.56±0.01^{dc}	10
2.67±0.04^{dc}	3.39±0.45^{c}	3.11±0.32^{c}	2.90±0.06^{ef}	2.92±0.10^{ef}	11

Means with different letters within same column are significantly different (P<0.05).

٤- نتیجه گیری

با توجه به افزایش تقاضا برای محصولات فاقد گلوتن به نظر می‌رسد غنی‌سازی این محصولات با مواد مغذی همانند آرد نخود می‌تواند یک روش جایگزین برای بهبود ارزش تغذیه‌ای این محصولات باشد. در این پژوهش، استفاده از آرد نخود موجب افزایش وزن مخصوص، ویسکوزیته خمیر، سفتی بافت و درنتیجه کاهش حجم کیک شد که برای بهبود خصوصیات کیک حاصل می‌توان از تیمارهای حرارتی آرد استفاده کرد. به‌طور کلی تیمار حرارتی اثرات مثبتی بر کیفیت کیک بدون گلوتن دارد. کیک‌هایی که آرد آن ها با تیمارحرارتی مورد فرایند قرار گرفت، وزن مخصوص خمیر آن‌ها کمتر از نمونه‌های تیمار نشده بود و در نتیجه حجم بالاتری داشتند. هم‌چنین سفتی کیک حاصل از آرد تیمارشده نسبت به نمونه تیمارنشده نیز کمتر بود. بهبود ساختار و حجم کیک حاصل از آرد تیمارشده می‌تواند مربوط به افزایش ویسکوزیته خمیر آن ها باشد که این افزایش می تواند به دلیل تورم گرانول‌های نشاسته، ژلاتینه شدن آن ها و هم‌چنین غیرطبیعی شدن پروتئین آن‌ها باشد. با افزایش دما و زمان تیمار به تدریج بافت کیک اندکی سفت‌تر از بافت کیک حاصل از تیمارهای ملایم‌تر شد. چون در دما و زمان بالاتر، ژلاتینه شدن بیش از حد نشاسته را در پی خواهیم داشت اما نسبت به نمونه تیمار نشده نرم‌تر بود. ارزیابی شاخصه‌های رنگی مغز کیک نشان داد که آرد تیمار شده موجب کاهش روشنایی و افزایش شاخصه a* و b* می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، افزودن ۲۵ درصد آرد نخود تیمارشده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه به خمیر کیک، موجب بهبود کیفیت کیک بدون گلوتن از جمله کاهش سفتی و افزایش حجم کیک گردید که تفاوت معناداری با نمونه شاهد (کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج) نداشت.

٥- منابع

[1] Peighambardoust, S. H., Poursafar, L., and Azad-Damirchi, S. 2015. Effect of flour heating (dry and moist) on batter physical properties and sponge cake quality. *Journal of Food Industry Research*, 25(1): 111-126 [in Persian].

[2] Matsakidou, A., Blekas, G., and Paraskevopouiou, A. 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarin with extra virgin olive oil. *Journal of Food Science and Technol*ogy, 43(6): 949-957.

[3] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.

[4] Turabi, E., Summnu, G., and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and microstructure of gluten-free rice cakes containing different typs of gumes baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24: 755-762.

[5] Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

Journal of Food Science and Technology, 41: 1701-1709.

[6] Shams, GH., Rajabzadeh, N., Azarbad, H. R., and Tari, B. 2002. Effect of leghum flour and lestin on the rheological properties of batter and nutritional value and organoleptical quality of bread. *Journal of Tehran Technical College,* 36(1): 123-132 [in Persian].

[7] Ataye-Salehi, E., Rostamian, M., and Milani, J. 2011. Textural and heat assessment of staling of corn-chickpea bread. *Journal of Food Science and Technology*, 4, 35-40 [in Persian].

[8] Gularte, M. A., Gomez, M., and Rosell, C. M. 2012. Impact of legume flour on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. *Journal of Food and Bioprocess Technology,* 5: 3142-3150.

[9] Matos, M. E., and Rosell, C. M. 2011. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66: 224-230.

[10] Marston, K., Khouryieh, H., and Aramouni, F. 2016. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *Journal of Food Science and Technology,* 65: 637-644.

[11] Russo, J. V., Doe, C. A. 1970. Heat treatment of flour as an alternative to chlorination. *Food Technol*ogy, 5: 363-374.

[12] Nakamura, C., Koshikawa, Y., and Seguchi, M. 2008. Increased volume of kasutera cake by dry heating of wheat flour. *Journal of Food Science and Technology,* 14: 431-436.

[13] Gelinas, P., Mckinnon, C. M., Rodrigue, N., and Montpetit, D. 2001. Heating condition and bread-making potential of substandard flour. *Journal of Food Science*, 66: 627-632.

[14] Pyler, E.J. (1988). Cake baking technology. Baking science and technology (pp. 979-1027). Kansas City: Sosland Publishing.

[15] Seguchi, M., and Matsuki, J. 1977. Studies on pan-cake baking. I. Effect of chlorination of flour on pan-cake qualities. *Cereal Chemistry*, 54: 287–299.

[16] Seguchi, M. 1990. Effect of heat-treatment of wheat flour on pancake springiness. *Journal of Food Science*, 55: 784–785.

[17] Seguchi, M., and Yamada, Y. 1988. Hydrophobic character of heat treated wheat starch. *Cereal Chemistry*, 65: 375–376.

[18] Neil, G., Al-Muhtaseb, A. H., Magee, T. R. A. 2012. Optimisation of time/temperature treatment for haet treated soft wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 113, 422-426.

[19] AACC, 1999. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American
Accosiation of Cereal Chemists. Ins.

[20] Bennion, E. B., and Bamford, G. S. 1997. The Technology of cake making. Blackie Academic and Professional. London. UK.

[21] Turabi, E., Sumnu, G., and sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cake formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22: 305-312.

[22] Jia, C., Huang, W., Ji, L., Zhang, N., and Li, Y. 2014. Improvement of hydrocolloid characteristics added to angel food cake by modifying the thermal and physical properties of frozen batter. *Food Hydrocolloids*, 41: 227-232.

[23] Marco, C., and Rosell, C. M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched gluten-free bread.
European Food Research and Technology, 227, 1205-1213.

[24] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.

[25] Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M., and Sadeghi, A. 2016. Utilization of heat-moisture treated proso millet flour in production of gluten-free pound cake. *Journal of Food Quality*, 39: 611-619.

[26] Delcour, J. A., and Hoseney, R. C. 2010. Principle of Cereal Science and technology. 3rd Ed., pp. 207-228, AACCI press, St. Paul, Minnesota.

[27] Cook, S. 2000. Factors affecting the production of cakes from campden and chorlrywood, UK: CCFRA Review No. 20, Supplement 1.

[28] Attenburrow, G., Barnes, D., Davis, A., and Ingman, S. 1990. Rheology properties of wheat gluten. *Jornal of Cereal Science*, 12: 1-14.

[29] Chung, H. J., Cho, A., Lim, S. T. 2012. Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle. *LWT- Food Science and Technology*, 47: 342-347.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

Effect of raw and heat-treated chickpea flour on quality characteristics of rice flour-based gluten-free cake

Karimi Abdolmaleki, N.[1], Aalami, M. [2*], Ziaiifar, A. M. [2], Kashiri, M. [3], Fathi, F. [4]

1. MSc student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4. PhD student of Food Technology, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(Received: 2017/07/01 Accepted:2017/11/01)

Celiac is a genetically based autoimmune disease that is triggered by the ingestion of gluten proteins in genetically susceptible individuals. Among the flours that can be used to produce gluten-free products are rice flour, and also legumes flour such as chickpea flour. Chickpea flour can be incorporated into gluten-free products because of its high protein content and nutritional value. In this study, the effect of raw and heat treated chickpea flour on quality attributes of rice-based gluten free cake was investigated. The chickpea flour was subjected to dry-heat at two different temperatures (90 and 120 °C) for 15 and 30 minutes and then different amounts (25 and 50%) of treated flour were used in cake formulation. The physical properties of batter and final cake quality that made with treated flour were studied and compared with control cake (containing 100% rice flour) and samples prepared from raw chickpea flour. Results showed that untreated flour produced cake with poor crumb, dense texture and low volume, while application of heat treated flour decreased specific gravity which resulted in increased volume and decreased hardness of cake sample. However, according to the results, utilization of 25% chickpea flour that treated at 90 °C for 30 minutes could improve volume, color, sensory attributes and texture of prepared cakes.

Keyword: Chickpea flour, Dry heat treatment, Gluten-free cake, Rice flour

* Corresponding Author E-Mail Address: mehranalami@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]