نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۵ شماره ۱/ سال ۱۳۹۴

اثر فرایند حرارت‌دهی خشک و مرطوب آرد گندم نرم بر ویژگی‌های خمیر و کیفیت کیک

سیدهادی پیغمبردوست[۱*]، لیندا پورصفر[۲] و صدیف آزادمرد دمیرچی[۱]

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹٤/۳/۱۷

[۱] به ترتیب استاد و دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، پردیس بین المللی ارس، جلفا

* مسئول مکاتبه: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش اثر فرایند حرارتی آرد گندم نرم با مقدار گلوتن کم و مقدار گلوتن زیاد بر ویژگی‌های خمیر کیک و کیفیت محصول نهایی مورد مطالعه قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی خمیر کیک مانند وزن مخصوص و قوام، خواص کیفی کیک مانند حجم، حجم ویژه، دانسیته ظاهری، دانسیته جسمی، تخلخل، رطوبت، تقارن و یکنواختی، رنگ و سفتی بافت مغز کیک و نمره نهایی ارزیابی حسی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در کیک‌هایی که آرد آن با حرارت خشک مورد فرایند قرار گرفت، با افزایش دما و زمان فرایند حرارتی، وزن مخصوص خمیر و رطوبت نهایی کیک کاهش، اما قوام خمیر، حجم، حجم ویژه و تخلخل کیک افزایش یافت. در کیک‌های تهیه شده با آردهای بخاردهی شده، وزن مخصوص خمیر و رطوبت با افزایش زمان فرایند حرارتی افزایش یافت. در مورد فرایند حرارتی با بخار قوام خمیر، حجم، حجم ویژه و تخلخل کیک کاهش یافت. نمونه‌های کیک تهیه شده از آرد کنترل و حرارت دیده، دانسیته جسمی مشابهی داشتند. بهترین تقارن و یکنواختی کیک مربوط به نمونه‌های تهیه شده از آرد حرارت دیده در دماهای ۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بود. رنگ پوسته کیک‌های تهیه شده از آردهای بخاردهی شده بهتر از سایر نمونه‌ها بود. رنگ مغز کیک در مورد تیمارهای مختلف تقریبا یکسان بود. در مورد سفتی بافت در روز اول، با افزایش دما و زمان فرایند حرارتی، سفتی بافت آن‌ها اندکی کاهش یافت. در روز هفتم، بیشترین سفتی مربوط به تیمارهای کنترل بود و نرم‌ترین نمونه‌ها (هم در روز هفتم و چهاردهم پس از تولید)، کیک‌های تهیه شده از آردهای بخاردهی شده و حرارت دیده در دماهای ۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بودند. درمجموع کیک اسفنجی تهیه شده از آردهای تیمار حرارتی دیده با حرارت خشک بیشترین مقبولیت را برای ارزیاب‌ها داشتند. کل این نتایج در تیمارهای گلوتن بالا و پایین روند مشابهی داشتند.

واژگان کلیدی: آرد، کیک، فرایند حرارتی، کیفیت، خواص فیزیکی، حسی

مقدمه

فرآورده‌های آردی از پرمصرف‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان محسوب می‌شود. از میان این محصولات، کیک به واسطه ویژگی‌های ارگانولپتیک مناسب، مورد استقبال و پسند مصرف‌کنندگان واقع شده است. آرد، شکر، تخم مرغ و چربی ترکیبات اصلی در تولید کیک محسوب می‌شوند و هر کدام نقش مهمی را در ساختار و کیفیت محصول ایفا می‌کنند. آرد مهمترین جزء در خمیر کیک بوده و باعث تثبیت ساختار مغز کیک می‌شود. بنابراین همواره نیاز به آردهای مناسب برای پخت کیک احساس می‌شود. در ایران اغلب از یک نوع آرد برای پخت کیک استفاده می‌شود و در بسیاری از مواقع کیفیت گندم‌های موجود، برای تهیه آرد کیک مناسب نمی-باشد. در حال حاضر تولید کیک در کشور بسیار فراوان بوده و از طرفی مسأله رقابت در بین کارخانه‌های تولید کننده کیک و کلوچه مطرح است، لذا تحقیقات بیشتر در این زمینه جهت افزایش کیفیت بافت کیک ضروری می-باشد. به کار بردن روش‌های خاص فرایند برای تولید آردهای مخصوص کیک می‌تواند بسیار مفید باشد که یکی از این موارد، حرارت دادن آرد کیک برای بهبود کیفیت آرد تولیدی است. کیک‌های پخته شده با آرد گندم حرارت دیده خاصیت ارتجاعی (برگشت پس از فشردن) بیشتری را نشان می‌دهد و سفتی آنها کاهش می‌یابد (سگوچی ۱۹۹۰). توسط فرایند حرارتی خصوصیات سطحی گرانول‌های نشاسته گندم از حالت آب‌دوست به حالت آب‌گریز (چربی‌دوست) تغییر می‌یابد (سگوچی ۱۹۹۰). با افزایش آب‌گریزی گرانول‌های نشاسته حرارت دیده، ثبات حباب های هوا در خمیر کیک افزایش می‌یابد (سگوچی و یامادا ۱۹۸۸). سگوچی و ماتسوکی (۱۹۷۷) گزارش دادند که حرارت دادن باعث افزایش خاصیت ارتجاعی و کاهش چسبندگی می‌گردد. ویژگی‌های کیک قالبی (خاصیت ارتجاعی و چسبندگی) توسط فرایند حرارتی آرد بهبود می‌یابد (سگوچی ۱۹۸٤). کیک‌های پخته شده با آرد گندم حرارت ندیده بعد از اعمال تست فشردن، برگشت زیادی نشان نمی‌دهد و چسبندگی زیادی نمایان می‌شود ولی فرایند حرارتی این عیوب را حل کرده و حجم کیک را بیشتر می‌کند. وقتی‌که آرد در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌بیند خاصیت ارتجاعی و سفتی کیک‌های تهیه شده از آن به تدریج بهتر می‌شود. درصد بازگشت کیک‌های فشرده شده به حجم اولیه خود با فرایند حرارت دهی آرد، افزایش می‌یابد. اثر فرایند حرارتی روی آرد در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤-٥ ساعت روی چسبندگی عالی است. سلول‌های کیک با آرد گندم حرارت ندیده همگی شکسته شده و رس مانند می‌شوند و چسبندگی زیادی را نمایان می‌سازند ولی کیک‌های تهیه شده از آردهای حرارت دیده حالت خود را حفظ نموده و بافت اسفنج مانند بخود می‌گیرند (سگوچی ۱۹۹۰). کیک‌های اسفنجی تولید شده با آرد فرایند نشده دارای ساختار سلولی متراکم هستند (روسو و دو ۱۹۷۰). پروتئین‌ها بدلیل از هم باز شدن پیوندهای هیدروژنی و ساختار ثانویه در اثر حرارت دادن، نامحلول می‌شوند. زمانی که ماکرومولکول پروتئین باز می‌شود، نواحی هیدروفوب که در حالت طبیعی در بخش‌های داخلی مولکول قرار دارند در نواحی بیرونی قرار می-گیرند و ظرفیت جذب آب پروتئین را کم می‌کنند، بنابراین با افزایش زمان حرارت‌دهی ظرفیت جذب آب آرد کاهش می‌یابد که باعث تغییرات ساختاری بیشتر در ماکرومولکول‌های پروتئین می‌گردد (ریگاناکس و کنتومیناس ۱۹۹۵). فرایندهای کلرینه کردن و حرارت دادن آرد گندم خصوصیات ظاهری دانه‌های نشاسته را از حالت هیدروفیلیک به حالت هیدروفوبیک تغییر داده و توانایی بالای دانه‌های نشاسته در پیوند با روغن را می‌توان مشاهده کرد. لذا پیشنهاد شده است که هیدروفوبیسیتی در مورد کلرینه کردن ناشی از اصلاح شیمیایی پروتئین‌های سطح دانه‌های نشاسته است و در مورد فرایند با گرما ناشی از تغییرات تطبیقی پروتئین‌ها می‌باشد. این آب‌گریزی دانه‌های نشاسته در خمیر نیز به شدت به حالت ارتجاعی کیک وابسته است. دانه‌های

نشاسته گندم حرارت دیده که دارای خاصیت چربی-دوست شده‌اند، برای مصرف انسان‌ها مضر نبوده و در ضمن به راحتی می‌توان این نوع فرایند را انجام داد. برای تهیه نشاسته چربی‌دوست، دانه‌های نشاسته گندم را در معرض فرایند با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت قرار می‌دهند (سگوچی ۲۰۰۱). هدف از این مطالعه، بررسی آثار فرایند حرارت دهی آرد بر ویژگی-های فیزیکی-شیمیایی خمیر و کیفیت پخت و خواص حسی کیک بود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

دو نوع آرد نول از کارخانه آرد ارس‌مهر تهیه شد که ویژگی آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. شکر آسیاب شده، روغن، وانیل، بیکینگ‌پودر، شیرخشک و تخم‌مرغ از فروشگاه‌های مواد اولیه قنادی تهیه شد.

جدول۱- ویژگی‌های آردهای مورد استفاده برای تهیه کیک

ویژگی	آرد گلوتن بالا	آرد گلوتن پائین
رطوبت (درصد)	۱۳/۲±۰/۰۱	۱۳/٤±۰/۰۱*
پروتئین (درصد)**	۱۰/٦±۰/۱۵	۷/۵±۰/۱۵
گلوتن مرطوب (درصد) **	۲۷/۲±۰/۷٦	۲۰/۲±۰/۷٦
شاخص (اندیس) گلوتن**	۸۵/۰±۰/۱٤	۸۷/۰±۰/۱٤
خاکستر (درصد)**	۰/۷۱±۰/۰۲	۰/۵۱±۰/۰۲
عدد زلنی (سانتی‌مترمکعب)**	۲۹/۰±۰/۱۳	۱٤/۰±۰/۱۳

*اعداد میانگین سه تکرار هستند. ** نتایج آنالیزها بر اساس ۱٤٪ رطوبت آرد است.

جدول ۲- مراحل تهیه خمیر کیک با روش شکر خمیر (Sugar batter)

مواد	درصد	وزن (گرم)	مراحل انجام
روغن	۱۷/۵	۲٦۳	۱) کرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه تا تولید رنگ روشن کرم انجام شد.
شکر	۲۲	۳۳۰	
تخم‌مرغ	۲۲	۳۳۰	۲) تخم مرغ در ۳ الی ۵ قسمت مساوی اضافه شد.
آرد	۲۸/٤	٤۲۵/٦	۳) کلیه مواد پودری با هم الک و افزوده شد و خمیر به‌صورت نیمه صاف درآمد.
بیکینگ پودر	۰/۵	۷/۵	
شیر خشک	۰/٦۱	۹/۲	
وانیل	۰/۱۵	۲/۳	
پودر آب پنیر	۱/۲۳	۱۸/٤	
آب	۷/٦۱	۱۱٤	٤) بعد از افزودن آب، خمیر به‌صورت صاف درآمد.

روش تولید کیک

تهیه خمیر با روش شکر- خمیر بر اساس دستورالعمل جدول ۲ انجام گرفت (پیغمبردوست ۱۳۸۸). پس از تهیه ۱۵۰۰گرم خمیر کیک، ٤٠ گرم خمیر در قالب‌های گالوانیزه به ابعاد ۸ × ٥ × ٤ سانتی‌متر ریخته شده و به‌مدت ۲۵-۲۰ دقیقه در فر با دمای ۱۹۰- ۱۸۰درجه سانتی‌گراد پخت گردید. پس از پخت کیک‌ها در دمای محیط به‌مدت ٤٥-۳۰ دقیقه خنک و سپس در بسته‌های پلی‌اتیلنی دانسیته سبک با درزبندی حرارتی بسته‌بندی و در دمای اتاق تا انجام آزمون‌های بعدی نگهداری شدند. برای انجام برخی آزمون‌های شیمیایی، کیک در فریزر۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پخت نمونه‌ها در دو تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- کدهای تیمارهای آرد مورد استفاده در تهیه کیک*

کد تیمار	نوع آرد	دمای فراوری	زمان فرآوری (دقیقه)
HG-Ctrl	گلوتن بالا	نمونه کنترل	۰
HG-۹۰-۳۰	گلوتن بالا	۹۰ °C	۳۰
HG-۹۰-٦۰	گلوتن بالا	۹۰ °C	٦۰
HG-۱۰۰-۱۲۰	گلوتن بالا	۱۰۰ °C	۱۲۰
HG-۱۱۰-۱۲۰	گلوتن بالا	۱۱۰ °C	۱۲۰
HG-۱۲۰-۱۲۰	گلوتن بالا	۱۲۰ °C	۱۲۰
HG-S-٥	گلوتن بالا	بخار دهی شده	٥
HG-S-۱٥	گلوتن بالا	بخار دهی شده	۱٥
LG-Ctrl	گلوتن پائین	نمونه کنترل	۰
LG-۹۰-۳۰	گلوتن پائین	۹۰ °C	۳۰
LG-۹۰-٦۰	گلوتن پائین	۹۰ °C	٦۰
LG-۱۰۰-۱۲۰	گلوتن پائین	۱۰۰ °C	۱۲۰
LG-۱۱۰-۱۲۰	گلوتن پائین	۱۱۰ °C	۱۲۰
LG-۱۲۰-۱۲۰	گلوتن پائین	۱۲۰ °C	۱۲۰
LG-S-٥	گلوتن پائین	بخار دهی شده	٥
LG-S-۱٥	گلوتن پائین	بخار دهی شده	۱٥

* LG: Low gluten; HG: High gluten

آزمون‌های خمیر کیک

وزن مخصوص خمیر کیک از طریق محاسبه نسبت وزن ۲٤۰ میلی‌لیتر از خمیر کیک به وزن ۲٤۰ میلی‌لیتر آب اندازه‌گیری شد (لین و همکاران۲۰۰۳؛ لی و همکاران ۲۰۰۸). برای اندازه‌گیری قوام، خمیر کیک در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی دهانه باریک ۱/٦ سانتی‌متر ریخته شد. قیف به‌طور کامل با استفاده از خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱٥ ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد. عدد بیشتر نشان‌دهنده قوام کمتر خمیر بود (پیرس و همکاران ۱۹۸۷).

آزمون‌های کیک

حجم کیک با استفاده از روش جابجایی دانه کلزا (گومز و همکاران ۲۰۰۷) اندازه‌گیری شد. حجم ویژه کیک از طریق نسبت حجم به وزن کیک محاسبه شد (روندا و همکاران ۲۰۰٥). تقارن و یکنواختی کیک با استفاده از

روش AACC 10-91 محاسبه شد. دانسیته ظاهری از طریق محاسبه نسبت جرم به حجم کیک، دانسیته جسمی با استفاده از روش پیکنومتری و تخلخل کیک با رابطه زیر محاسبه شد (کوسر و همکاران ۲۰۰۶).

تخلخل = ۱- (دانسیته ظاهری)/(دانسیته جسمی)

سفتی به عنوان حداکثر مقاومت در مقابل تغییر شکل در بافت در نظر گرفته شد. به این منظور میزان سفتی بافت کیک با استفاده از ماشین آزمون عمومی (اینسترون) مدل ۱۱٤۰ با اصلاح روش پیشنهاد شده توسط هس و ستسر (۱۹۸۳) اندازه‌گیری شد. برای این‌کار قطعه مکعبی به ابعاد ۲/٥٤ سانتیمتر از بافت مغز کیک بدون پوسته جدا شده و پروب دستگاه به اندازه ۱ سانتیمتر (٤۰٪) از بافت را فشرد. نیروی وارد شده توسط سل بارگذاری دستگاه[1] ٥ الی ٥۰ نیوتن، سرعت پروب دستگاه ٥۰ میلی‌متر بر دقیقه و سرعت چارت ۲٥۰ میلی‌متر بر دقیقه (نسبت چارت به پروب ٥ به ۱) در نظر گرفته شد. حداکثر نیروی فشار (F_{max}) وارد شده به نمونه در پایان عمل فشردن بر حسب نیوتن گزارش شد. برای اندازه‌گیری رنگ کیک از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. برای این منظور، یک گرم از مغز و یک گرم از پوسته کیک در ٥ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به مدت ۲٤ ساعت حل و پس از صاف کردن کامل محلول، جذب آن در طول موج ٤۲۰ نانومتر اندازه-گیری شد (آتیا و همکاران ۱۹۹۳). رطوبت کیک با استفاده از روش AACC44-15 اندازه‌گیری شد. مقبولیت ویژگی‌های حسی کیک‌های تازه توسط ۱٤ نفر ارزیاب آموزش دیده انجام گرفت. کلیه آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی در سه تکرار انجام گرفت. صفات خمیر و کیک با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با رویه مدل‌های خطی تعمیم یافته (GLM)[2] نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال خطا ٥٪ انجام شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون‌های آرد

گلوتن مرطوب

نمونه‌های آرد گلوتن بالا دارای مقدار گلوتن بالاتری نسبت به نمونه‌های گلوتن پایین بودند. بخاردهی آردها گلوتن را به کلی تخریب کرده و تقریبا به صفر رساند. این نتایج در هر دو نوع آرد گلوتن بالا و پایین یکسان بودند. پرکاش و راو (۱۹۹۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافته بودند.

شاخص گلوتن

همانطور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود شاخص آرد گلوتن بالا در نمونه کنترل از آرد گلوتن پایین بیشتر بود اما با افزایش دما و زمان فرایند شاخص آرد گلوتن بالا نسبت به آرد گلوتن پایین کاهش بیشتری نشان داد. با فرایند حرارتی خشک، شاخص گلوتن در هر دو نوع آرد گلوتن بالا و پایین کاهش یافت. میراکئون و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش دادند که کلرینه کردن و حرارت دادن آردها، قوت پروتئین گلوتن را کم می‌کند..

عدد زلنی

تأثیر فرایند حرارتی بر کیفیت پروتئین آرد که با عدد زلنی گزارش می‌شود در جدول ٤ نشان داده شده است. عدد زلنی در فرایند حرارتی خشک اندکی افزایش یافت. با اعمال فرایند بخاردهی عدد زلنی کاهش معنی‌داری نشان داد. این نتایج در هر دو نوع آرد گلوتن بالا و پایین یکسان بودند. در واقع کیفیت پروتئین‌های آرد به علت دناتوراسیون در طول بخاردهی کاهش می‌یابد، به طوری‌که عدد زلنی در آردهای گلوتن بالا و بخاردهی شده بسیار کاهش یافت و به محدوده اعداد زلنی آردهای گلوتن پایین رسید.

1 General Linear Model

2 Load cell

جدول ۴- تأثیر فرایند حرارتی بر ویژگی‌های آرد عمل آوری شده با تیمارهای مختلف

نوع تیمار	رطوبت آرد (٪)	عدد زلنی (cc)	شاخص گلوتن	گلوتن مرطوب (٪)
HG-Ctrl	۱۳/۱±۰/۰۲^{b}	۲۸/۵±۰/۸۶^{b}	۹۲/۵±۲/۱۷^{a}	۲۶/۵±۰/۵۶^{b}
HG-۹۰-۳۰	۱۰/۰±۰/۰۵^{d}	۲۸/۸±۱/۰۴^{b}	۸۵/۵±۱/۰^{b}	۲۷/۵±۰/۱۵^{a}
HG-۹۰-۶۰	۹/۰±۰/۰۳^{e}	۲۸/۳±۰/۷۶^{b}	۷۷/۳±۳/۲۱^{c}	۲۷/۴±۰/۲۰^{a}
HG-۱۰۰-۱۲۰	۶/۷±۰/۰۶^{f}	۲۸/۱±۰/۲۸^{b}	۷۲/۳±۲/۵۱^{d}	۲۷/۷±۰/۵۱^{a}
HG-۱۱۰-۱۲۰	۶/۱±۰/۰۱^{f}	۲۸/۸±۰/۷۶^{b}	۶۹/۰±۱/۰^{d}	۲۷/۸±۰/۴۵^{a}
HG-۱۲۰-۱۲۰	۵/۰±۰/۰۳^{g}	۳۰/۳±۰/۵۷^{a}	۶۲/۳±۳/۲۱^{e}	۲۷/۹±۰/۱۱^{a}
HG-S-۵	۱۴/۸±۰/۰۱^{a}	۱۲/۶±۰/۲۸^{g}	.^{f}	۲/۲±۰/۲۵^{f}
HG-S-۱۵	۱۵/۴±۰/۰۱^{a}	۱۱/۰±۰/۵۰^{h}	.^{f}	.^{g}
LG-Ctrl	۱۳/۳±۰/۰۳^{b}	۱۴/۱±۰/۲۸^{f}	۸۷/۶±۱/۱۵^{b}	۲۰/۴±۰/۲۵^{cd}
LG-۹۰-۳۰	۱۱/۲±۰/۰۲^{c}	۱۶/۳±۰/۲۸^{d}	۸۵/۳±۱/۱۵^{b}	۲۰/۵±۰/۲۶^{cd}
LG-۹۰-۶۰	۱۰/۱±۰/۰۲^{d}	۱۵/۵±۰/۵۰^{e}	۷۸/۳±۲/۵۱^{c}	۲۰/۵±۰/۲۵^{c}
LG-۱۰۰-۱۲۰	۶/۳±۰/۰۲^{f}	۱۷/۶±۰/۵۷^{c}	۷۴/۰±۳/۰^{cd}	۲۰/۱±۰/۳۰^{de}
LG-۱۱۰-۱۲۰	۶/۱±۰/۰۳^{f}	۱۷/۵±۰/۵۰^{c}	۷۵/۰±۱/۰^{cd}	۱۹/۷±۰/۳۵^{e}
LG-۱۲۰-۱۲۰	۵/۲±۰/۰۲^{g}	۱۸/۰±۰^{c}	۷۲/۰±۳/۰^{d}	۱۹/۷±۰/۱۰^{e}
LG-S-۵	۱۴/۷±۰/۰۱^{a}	۱۱/۳±۰/۲۸^{h}	.^{f}	۲/۰±۰/۰۸^{f}
LG-S-۱۵	۱۸/۰±۰/۰۱^{a}	۹/۰±۰^{i}	.^{f}	.^{g}

رطوبت

همانطور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود در فرایند حرارتی خشک با افزایش زمان و دمای فرایند رطوبت آردها کاهش یافت. به‌طوری‌که کمترین میزان رطوبت در آردهای حرارت دیده در دمای ۱۲۰ سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه مشاهده شد. در فرایند بخاردهی آردها، رطوبت آنها افزایش یافت و بیشترین میزان رطوبت در آردهای گلوتن بالا و پایین دیده شد. توماسون و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که کاستن از رطوبت آرد طی فرایند گرمایی موجب بهبود خصوصیات کیک می‌گردد و هنگامی‌که سطح رطوبت آرد در طول فرایند به کمتر از ۷٪ برسد خصوصیات کیک بهبود می‌یابد.

آزمون‌های خمیر کیک

وزن مخصوص و قوام خمیر کیک

تأثیر فرایند حرارتی بر وزن مخصوص و قوام خمیر کیک در جدول ۵ نشان داده شده است. نمونه‌های آرد گلوتن بالا و پایین دارای وزن مخصوص تقریباً مشابهی بودند. نمونه‌های کنترل وزن مخصوص بالاتری نسبت به نمونه‌های فرایند شده نشان دادند. در حالی‌که به کار بردن آردهای حرارت دیده باعث کاهش وزن مخصوص خمیر کیک نسبت به آردهای شاهد گردید. با افزایش زمان و دمای فرایند حرارتی، وزن مخصوص خمیر بیشتر کاهش یافت، طوری‌که تیمار فرایند شده در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه کمترین وزن مخصوص خمیر کیک را در هر دو نوع آرد گلوتن بالا و پایین داشت. در آردهای بخاردهی شده، با افزایش زمان بخاردهی، وزن مخصوص خمیر کیک افزایش یافت. با توجه به رابطه معکوس میان وزن مخصوص خمیر کیک و قابلیت ورود حباب‌های هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر کیک (باوا و همکاران ۲۰۰۰)، می‌توان نتیجه گرفت که آردهای شاهد دارای بالاترین وزن مخصوص و بنابراین کمترین قابلیت نگهداری هوا در خمیر بودند. در حالی‌که فرایند حرارتی آردها باعث کاهش وزن مخصوص خمیر و افزایش قابلیت نگهداری هوا در خمیر می‌شود. روسو و چه (۱۹۷۰) اعلام کردند که فرایند حرارتی کنترل شده آردها باعث افزایش انبساط خمیر و بهبود بافت آن می‌شود. بنابراین نتایج آنها منطبق با نتایج بدست آمده در این تحقیق بود.

نمونه‌های آرد گلوتن بالا دارای قوام بیشتری نسبت به نمونه‌های آرد گلوتن پایین بودند. در هر دو آرد گلوتن بالا و گلوتن پایین کمترین قوام خمیر کیک مربوط به آرد-های بخاردهی شده در زمان ۱۵ دقیقه بود و بعد از آن آردهای بخاردهی شده به مدت ۵ دقیقه کمترین قوام خمیر کیک را داشتند. به‌طوریکه نمونه‌های آرد گلوتن بالای بخاردهی شده، قوام مشابهی با نمونه‌های آرد گلوتن پایین فرایند شده با حرارت خشک در دماهای بالا داشتند. در مورد آردهای فرایند شده با حرارت خشک، کمترین قوام مربوط به آرد شاهد و بیشترین قوام مربوط به تیمار فرایند شده در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بود. لذا در فرایند حرارتی خشک با افزایش زمان و دمای فرایند حرارتی، قوام خمیر کیک افزایش یافت که احتمالاً به دلیل کاهش محتوای رطوبتی آرد در اثر حرارت و در نتیجه سفت شدن خمیر حاصل از آن در تیمارهای فرایند شده با حرارت خشک می‌باشد. از طرفی در اندازه گیری قوام خمیر، زمان عبور خمیر از قیف محاسبه می‌شود که بالطبع، هر چه خمیر حجیم‌تر باشد در واقع سبک‌تر است و زمان طولانی‌تری لازم دارد که از قیف تخلیه شود. در صورتی‌که در فرایند بخاردهی آرد با افزایش زمان بخاردهی قوام خمیر کیک کاهش یافت. علت این امر احتمالاً به دلیل دناتوراسیون پروتئین-ها و از بین رفتن گلوتن و کاهش قوت خمیر ناشی از آن در تیمارهای بخاردهی شده است. نتایج مشابهی قبلاً توسط ایریکی و همکاران (۲۰۰۲) و گرماین و همکاران (۲۰۰٤) گزارش شده بود.

جدول ۵- تأثیر فرایند حرارتی آرد بر خصوصیات خمیر کیک

تیمارها	قوام خمیر کیک	وزن مخصوص خمیر کیک
HG-Ctrl	۰/۱±۰^{f}	۱/۱±۰^{a}
HG-۹۰-۳۰	۰/۱±۰/۰۱^{f}	۱/۱±۰^{abc}
HG-۹۰-٦۰	۰±۰^{f}	۱/۱±۰^{def}
HG-۱۰۰-۱۲۰	۰±۰^{f}	۱/۰±۰^{ef}
HG-۱۱۰-۱۲۰	۰±۰^{g}	۱/۰±۰ ^{fg}
HG-۱۲۰-۱۲۰	۰±۰^{g}	۱/۰±۰^{gh}
HG-S-۵	۰/۲±۰^{de}	۱/۱±۰^{def}
HG-S-۱۵	۰/۳±۰^{cd}	۱/۱±۰^{abc}
LG-Ctrl	۰/۵±۰^{bc}	۱/۱±۰^{ab}
LG-۹۰-۳۰	۰/۵±۰^{bc}	۱/۱±۰^{bcd}
LG-۹۰-٦۰	۰/۵۰±۰^{bc}	۱/۱±۰^{cde}
LG-۱۰۰-۱۲۰	۰/۳±۰^{cd}	۱/۰±۰^{ef}
LG-۱۱۰-۱۲۰	۰/۲±۰ ^{de}	۱/۰±۰^{ef}
LG-۱۲۰-۱۲۰	۰/۲±۰^{e}	۱/۰±۰^{gh}
LG-S-۵	۰/۷±۰^{b}	۱/۱±۰^{cde}
LG-S-۱۵	۱/۰±۰^{a}	۱/۰±۰^{bcd}

جدول ۶- تأثیر فراوری حرارتی آرد بر خواص فیزیکی- شیمیایی کیک در تیمارهای مختلف*

تیمار حرارتی	رطوبت (٪)	تقارن	دانسیته ظاهری (g/cm^3)	حجم (cm^3)	تخلخل ظاهری
HG-Ctrl	۱۷/۷±۰/۰۴^{c}	٦/٦±۰/۵۷^{e}	۰/٤±۰^{a}	۱/۰±۷٤/۰^{i}	۰/٦۰^{i}
HG-۹۰-۳۰	۱۷/٦±۰/۰۱^{e}	٦/۳±۰/۵۷^{e}	۰/٤±۰^{a}	۷۵/٦±۰/۵۷^{i}	۰/٦۰^{i}
HG-۹۰-٦۰	۱۷/۵±۰/۰۲^{f}	٦/٦±۰/۵۷^{e}	۰/٤±۰^{a}	۷۷/٦±۰/۵۷^{h}	۰/٦۱^{i}
HG-۱۰۰-۱۲۰	۱۷/۲±۰/۰۱^{g}	٦/۰±۱/۰^{ef}	۰/٤±۰^{a}	۷۸/۳±۰/۵۷^{h}	۰/٦۱^{gh}
HG-۱۱۰-۱۲۰	۱٦/۸±۰/۰۳^{k}	۷/٦±۰/۵۷^{d}	۰/٤±۰^{a}	۸۰/٦±۰/۵۷^{g}	۰/٦۲^{fg}
HG-۱۲۰-۱۲۰	۱٦/۳±۰/۰٦^{m}	۷/٦±۰/۵۷^{d}	۰/٤±۰^{a}	۸۱/٦±۱/۱۵^{g}	۰/٦۳^{f}
HG-S-۵	۱۷/۰±۰^{i}	۵/۳±۰/۵۷^{f}	۰/٤±۰^{a}	۷۸/۰±۱/۰^{h}	۰/٦۱^{gh}
HG-S-۱۵	۱۸/۰±۰/۰۲^{a}	٦/٦±۰/۵۷^{e}	۰/٤±۰^{a}	۷۵/۰±۰^{i}	۰/٦۰^{ij}
LG-Ctrl	۱۷/۸±۰/۰۱^{b}	۱۳/۰±۱/۰^{c}	۰/٤±۰^{a}	۸٤/۰±۱/۰^{f}	۰/٦۰^{e}
LG-۹۰-۳۰	۱۷/۷±۰/۰۱^{c}	۱٤/۰±۰^{bc}	۰/٤±۰^{a}	۸٦/٦±۰/۵۷^{e}	۰/٦۰^{d}
LG-۹۰-٦۰	۱۷/٦±۰^{d}	۱٤/۳±۰/۵۷^{c}	۰/۳±۰^{b}	۸۹/٦±۱/۵۲^{d}	۰/٦۰^{c}
LG-۱۰۰-۱۲۰	۱۷/۱±۰^{h}	۱٤/٦±۰/۵۷^{b}	۰/۳±۰^{b}	۹۲/۰±۱/۰^{c}	۰/٦۰^{c}
LG-۱۱۰-۱۲۰	۱٦/۹±۰/۰۱^{j}	۱۵/۰±۱/۰^{b}	۰/۳±۰^{b}	۹۷/۳±۲/۰۸^{b}	۰/٦۰^{b}
LG-۱۲۰-۱۲۰	۱٦/٤±۰^{l}	۱۷/٦±۰/۵۷^{a}	۰/۳±۰^{b}	۱۰٤/٦±۰/۵۷^{a}	۰/۷۰^{a}
LG-S-۵	۱۷/۲±۰^{g}	۱٤/۳±۰/۵۷^{bc}	۰/۳±۰^{b}	۸۹/۰±۱/۰^{d}	۰/٦۰^{c}
LG-S-۱۵	۱۸/۰±۰/۰۱^{a}	۱۳/۰±۱/۰^{c}	۰/٤±۰^{a}	۸۱/۰±۱/۰^{g}	۰/٦۰^{e}

*داده‌های جدول میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد هستند.

آزمون‌های کیک

حجم و حجم ویژه

تأثیر فرایند حرارتی بر حجم کیک در جدول ٦ نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین دارای حجم بیشتری نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا بودند. فرایند حرارتی باعث افزایش حجم کیک گردید. بطوریکه کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالایی که در معرض فرایند حرارتی خشک در دماهای بالا قرار گرفتند حجم مشابهی با کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین شاهد ارائه دادند. در فرایند حرارتی خشک با افزایش زمان و دمای فرایند حجم کیک‌ها به تدریج افزایش یافت بطوریکه تیمار فرایند شده با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه در هر دو نوع کیک تهیه شده از آرد گلوتن بالا و پایین بیشترین میزان حجم نسبت به نمونه شاهد را ارائه داد. در مورد فرایند با بخار با افزایش زمان فرایند حجم اندکی کاهش یافت که البته باز میزان حجم نسبت به نمونه شاهد بیشتر بود. میان وزن مخصوص خمیر کیک و حجم کیک رابطه معکوس برقرار است، به این صورت که هرچه وزن مخصوص خمیر کیک کمتر باشد کیک دارای حجم بیشتری خواهد بود (دسروچرز و همکاران ۲۰۰٤). بنابراین به دلیل پایین بودن وزن مخصوص نمونه‌های تهیه شده با آرد حرارت دیده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه این کیک‌ها دارای بیشترین حجم در میان سایر تیمارها بودند. در نقطه مقابل، کیک-های تهیه شده از آردهای شاهد دارای بیشترین وزن

مخصوص و کمترین حجم بودند. فرایند حرارتی با تأثیر بر نشاسته و دناتوره کردن پروتئین‌های آرد باعث انبساط حباب‌های هوا به واسطه وجود دی اکسید کربن و بخار آب شده و باعث ایجاد حجم و تخلخل بیشتر در کیک گردید. سگوچی و یامادا (۱۹۸۸) گزارش کردند که گرانول‌های نشاسته گندم هیدروفوبیک ممکن است حباب های هوا را در خمیر کیک قالبی پایدار سازد. ناکامورا و همکاران نیز (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که به‌علت ماهیت آب گریز بودن آرد گندم حرارت خشک دیده در تولید کیک اسفنجی، حجم آن افزایش می‌یابد. با توجه به محاسبه حجم ویژه کیک از طریق نسبت حجم به وزن کیک (روندا و همکاران ۲۰۰۵) می‌توان این فاکتور را از طریق محاسبه عکس دانسیته ظاهری به‌دست آورد. نمونه‌های دارای دانسیته ظاهری کمتر دارای حجم ویژه بیشتر خواهند بود و کیک‌های با دانسیته ظاهری بالاتر دارای حجم ویژه کمتری هستند.

دانسیته ظاهری و دانسیته جسمی کیک

تأثیر فرایند حرارتی بر دانسیته ظاهری کیک در جدول ٦ نشان داده شده است. بیشترین دانسیته ظاهری مربوط به نمونه‌های شاهد و تیمارهای بخاردهی شده به مدت ۱۵ دقیقه بودند. در فرایند حرارتی خشک با افزایش در دما و زمان فرایند دانسیته ظاهری کیک‌ها روند نزولی پیدا کرد. بین دانسیته ظاهری و حجم کیک رابطه معکوس برقرار است. هرچه حجم کیک بیشتر باشد کیک دارای دانسیته ظاهری کمتری خواهد بود. با توجه به ایجاد بیشترین حجم در نمونه‌های تیمار حرارت دیده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه، ایجاد کمترین دانسیته ظاهری در این کیک طبیعی است که در توافق با نتایج حاصل از اندازه‌گیری حجم کیک است. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا دارای حجم بیشتر و در نتیجه دانسیته ظاهری پایین‌تری بودند. به‌طوری‌که کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا که با حرارت خشک در دمای بالا مورد فرایند قرار گرفتند، دانسیته ظاهری مشابهی با کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین شاهد ارائه دادند. بنابراین افزایش حجم کیک با فرایند حرارتی منجر به کاهش دانسیته ظاهری کیک‌های اسفنجی گردید. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا دارای دانسیته جسمی بالاتری بودند. اختلاف معنی‌داری در دانسیته جسمی تیمارها با نمونه‌های کنترل در هر دو نوع آرد گلوتن بالا و پایین موجود نبود. دانسیته جسمی یک ماده غذایی از محاسبه نسبت جرم به حجم واقعی (بدون در نظر گرفتن حجم پرزهای باز و بسته) اندازه-گیری می‌گردد. از آنجایی‌که مواد تشکیل دهنده کیک در تمام تیمارها یکسان بود دانسیته جسمی مشابهی بین تیمارها مشاهده شد.

تقارن و یکنواختی کیک

تأثیر فرایند حرارتی بر تقارن کیک در جدول ٦ نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا دارای تقارن بالاتری بودند. بیشترین تقارن در هر دو نوع نمونه گلوتن بالا و گلوتن پایین مربوط به کیک‌های تهیه شده از آرد فرایند شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بود. می‌توان گفت که فرایند حرارتی در بهبود تقارن کیک نقش دارد. کمترین میزان یکنواختی مربوط به تیمارهای بخاردهی شده بود. بیشترین میزان یکنواختی مربوط به تیمار فرایند شده در دمای ۱۲۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بود. می‌توان گفت که در فرایند حرارتی با افزایش در دما و زمان فرایند یکنواختی کیک‌ها افزایش می‌یابد. تقارن و یکنواختی بالاتر در نمونه‌های فرایند شده در دمای ۱۲۰ و ۱۱۰ درجه سانتی-گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه به علت پراکنده شدن بهتر ترکیبات حجم دهنده کیک مانند بیکینگ پودر در طول تهیه خمیر و نیز به علت حفظ و پخش منظم حباب‌های هوا که به عنوان هسته‌های اولیه جهت توزیع گاز حاصل از مواد شیمیایی پوک کننده عمل می کنند، می‌باشد.

رطوبت و تخلخل ظاهری کیک

تأثیر فرایند حرارتی بر رطوبت و تخلخل ظاهری کیک در جدول ٦ نشان داده شده است. در کیک‌هایی که آرد آن با حرارت خشک مورد فرایند قرار گرفت، با افزایش دما و زمان فرایند، رطوبت کاهش یافت. به‌طوری‌که کیک‌های تهیه شده با آرد فرایند شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی-گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه دارای کمترین رطوبت و نمونه-های شاهد دارای بیشترین میزان رطوبت بودند. در کیک-های تهیه شده با آردهای بخاردهی شده میزان رطوبت با افزایش زمان فرایند افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان رطوبت در تیمارهای بخاردهی شده به مدت ۱۵ دقیقه بدست آمد. این روند در هر دو آرد گلوتن بالا و پایین یکسان بود. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا دارای تخلخل ظاهری بالاتری بودند. با افزایش در دما و زمان فرایند حرارتی خشک میزان تخلخل نسبت به آرد-های شاهد افزایش می‌یابد. ولی میزان تخلخل در آردهای بخاردهی شده کاهش می‌یابد. با توجه به بیشتر بودن حجم کیک‌های تهیه شده از آردهای حرارت دیده نسبت به آردهای شاهد، بالاتر بودن تخلخل در این دو نمونه منطقی به نظر می‌رسد. در نقطه کیک‌های کنترل کمترین حجم و تخلخل را نشان دادند.

جدول ۷- تأثیر فرایند حرارتی آرد بر خواص حسی کیک در تیمارهای مختلف*

تیمار حرارتی	خلل و فرج	نرمی یا سفتی	خشک یا خمیری بودن	رنگ پوسته	رنگ مغز	عطر و طعم	نمره نهایی
HG-Ctrl	۳/٤±۰/۹۲	٤/٤±۰/۷۷	۳/۷±۰/۹۱	٤/۰±۱/۱٤	٤/۱۷۸۵±۱/۱۹	٤/۱٤۲۸±۰/٦۹	۳/۹±۰/٦۱^{def}
HG-۹۰-۳۰	۳/۸±۰/٥٤	٤/۳±۰/٦۱	٤/۳±۰/۷۳	٤/٥±۰/۸۰	٤/۱۷۸٥±۰/۸۷	٤/۰۳٥۷±۱/۰٥	٤/۱±۰/٥۸^{de}
HG-۹۰-٦۰	٤/۱±۰/٥٦	٤/٤±۰/٤۷	٤/٦±۰/٤٦	٤/۸±۰/۳۸	٤/٦۰۷۱±۰/٤٥	٤/۷٥۰۰±۰/۳۸	٤/٤±۰/۱٦^{ab}
HG-۱۰۰-۱۲۰	٤/٤±۰/٦۲	٤/٦±۰/٤٦	٤/٥±۰/۳٦	٤/۷±۰/٦۱	٥/۰۰۰۰±۰/۰۰	٤/۹۲۸٥±۰/۱۸	٤/۷±۰/۱٦^{ab}
HG-۱۱۰-۱۲۰	٤/٥±۰/٦۰	٤/٥±۰/٦۰	٤/۸±۰/۳۲	٤/۹±۰/۳۱	٤/۸٥۷۱±۰/۲۳	٤/۸٥۷۱±۰/۲۳	٤/۷±۰/۱٤^{a}
HG-۱۲۰-۱۲۰	٤/٥±۰/٦۳	٤/۹±۰/۱۸	٤/۸±۰/۲٥	٤/۹±۰/۳۱	٤/۸۹۲۸±۰/۲۹	٤/۸٥۷۱±۰/۳۱	٤/۸±۰/۰۸^{a}
HG-S-٥	۳/٦±۰/۹۳	٤/۲±۰/٦۰	۳/٤±۰/۹۰	۳/٦±۰/٦۸	۳/۷۸٥۷±۰/٦۱	۳/۳٥۷۱±۰/٦٦	۳/٥±۰/۳۳^{h}
HG-S-۱٥	۳/٦±۰/۸۸	۳/٦±۰/۹۲	۳/۳±۰/٥۸	۳/٥±۰/۹۳	۳/٤۲۸٥±۰/۷۳	۳/۲۸٥۷±۰/٥۸	۳/٤±۰/۳۱^{h}
LG-Ctrl	۳/٦±۰/۳۰	۳/۸±۰/٤۲	۳/۳±۰/۳۱	۳/۹±۰/٥۷	۳/۷۸٥۷±۰/۷۸	۳/٦۷۸٥±۰/٦۷	۳/٦±۰/۳٥^{gh}
LG-۹۰-۳۰	۳/۹±۰/٥۲	٤/۲±۰/٥٤	٤/۱±۰/٥۷	٤/٤±۰/٥٦	٤/۲۸٥۷±۰/۷۰	٤/۲۸٥۷±۰/٤۷	٤/۲±۰/۲٤^{cd}
LG-۹۰-٦۰	٤/۳±۰/۳۲	٤/۳±۰/٤۷	٤/۱±۰/٥۳	٤/٦±۰/٥۳	٤/٥۳٥۷±۰/٥۰	٤/٦۷۸٥±۰/۳۷	٤/٤±۰/۲۱^{bc}
LG-۱۰۰-۱۲۰	٤/٥±۰/۳۳	٤/٤±۰/٥٦	٤/٦±۰/۳۳	٤/٦±۰/٥٦	٤/٦۰۷۱±۰/٤۹	٤/۸٥۷۱±۰/۲۳	٤/٦±۰/۱٦^{ab}
LG-۱۱۰-۱۲۰	٤/٤±۰/۲۸	٤/۷±۰/۳۷	٤/۸±۰/۳۸	٤/۸±۰/۲٥	٤/۸۹۲۸±۰/۲۱	٤/۸٥۷۱±۰/۲۳	٤/۷±۰/۱۲^{a}
LG-۱۲۰-۱۲۰	٤/٦±۰/۱۸	٤/۹±۰/۳۰	٥/۰±۰/۰۰	٥/۰±۰/۰۰	٤/۷۸٥۷±۰/۲٦	٤/۸۹۲۸±۰/۲۱	٤/۸±۰/۰٦^{a}
LG-S-٥	٤/۳±۰/۳٦	٤/۲±۰/٦۰	۳/٥±۰/۸۰	٤/۱±۰/٥٥	٤/۰۰۰۰±۰/٥٥	٤/۱۰۷۱±۰/٤۹	۳/۸±۰/۳۱^{fg}
LG-S-۱٥	٤/٤±۰/٤٤	٤/۳±۰/٦۰	۳/٦±۰/۸۱	۳/۹±۰/۸۱	٤/۳۹۲۸±۰/٥۳	۳/٦۰۷۱±۱/۰۰	۳/۹±۰/٥۸^{ef}

*داده‌های جدول میانگین نمرات ۱۵ نفر ارزیاب ± انحراف استاندارد هستند.

رنگ کیک

تأثیر فرایند حرارتی بر رنگ پوسته و مغز کیک مورد بررسی قرار گرفت. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا دارای رنگ پوسته و رنگ مغز بیشتری بودند. در مورد رنگ پوسته بیشترین رنگ تولید شده مربوط به تیمار-های بخاردهی شده بود. هرچند که اختلاف این نمونه‌ها و سایر تیمارها با نمونه‌های کنترل زیاد نبود. در مورد رنگ مغز نیز اختلاف نمونه‌ها با هم زیاد نبود. می‌توان نتیجه گرفت که فرایند حرارتی آرد تأثیر چندانی بر رنگ کیک نداشت.

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی کیک‌های بدست آمده از تمیارهای حرارتی مختلف در جدول ۷ نشان داده شده است. ویژگی حسی یکنواخت بودن و تعداد خلل و فرج بافت داخلی کیک در اثر فرایند حرارتی بهبود یافت طوری‌که بالاترین نمره ارزیابی حسی مربوط به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین و گلوتن بالا فرایند شده با حرارت خشک در دماهای بالا بود.

ویژگی نرمی بافت کیک تهیه شده از آردهای حرارت دیده در دماهای بالا بهبود یافت. طوری‌که نرمترین کیک‌ها از آردهای گلوتن بالا و گلوتن پایین فرایند شده با حرارت خشک در دماهای بالا بدست آمدند. احساس خمیری بودن (چسبیدن به دهان و دندان‌ها) یا معمولی بودن (راحت تر جویده شدن برای عمل بلع) بافت کیک در تیمارهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، بالاترین نمره‌هایی که ارزیاب‌ها برای این ویژگی در نظر گرفتند مربوط به کیک-های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین و بالای فرایند شده با حرارت خشک در دماهای بالا بود که نشانگر این است که این خصوصیت کیک در اثر فرایند حرارتی بهبود می-یابد. بهترین رنگ پوسته و مغز کیک مربوط به نمونه‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین و بالای فرایند شده با حرارت خشک در دماهای بالا بود. همچنین بیشترین عطر و طعم مربوط به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین و فرایند شده با حرارت خشک در دماهای بالا بود.

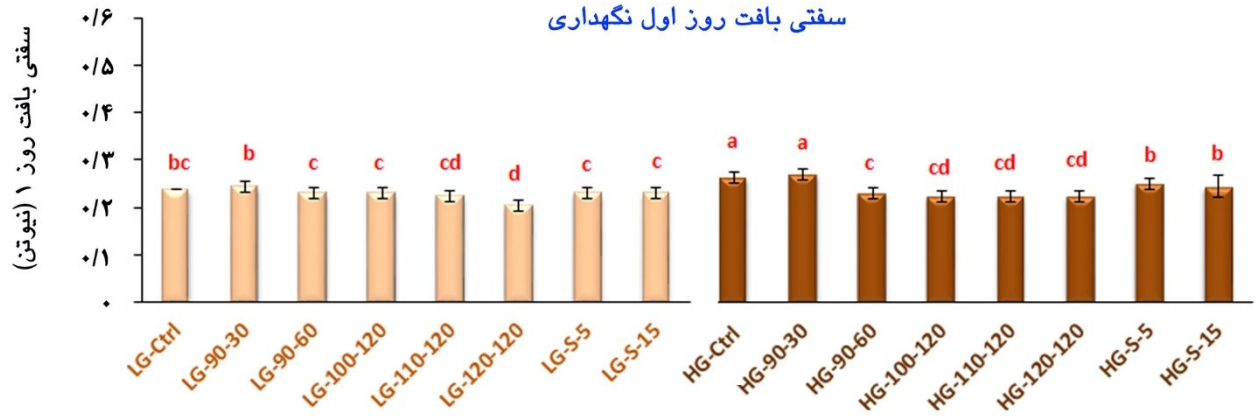
نمره نهایی ارزیابی حسی

تأثیر فرایند حرارتی آرد بر نمره نهایی ارزیابی حسی کیک در جدول ۷ نشان داده شده است. نمره نهایی ارزیابی حسی نشان‌دهنده میزان مقبولیت نمونه کیک و رضایت کلی داوران از مجموع ویژگی‌های حسی آن می-باشد. فرایند حرارتی تأثیر معنی‌داری بر نمره نهایی ارزیابی حسی داشت. نتایج نشان داد کیک اسفنجی که از آرد گلوتن بالا و گلوتن پایین فرایند شده با حرارت خشک در دمای ۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه تولید شده بود بیشترین مقبولیت حسی را برای ارزیاب‌ها داشت در حالی‌که سایر نمونه‌های تهیه شده از تیمارهای حرارت خشک دیده نیز امتیاز کلی بالاتری نسبت به نمونه کنترل بدست آوردند. نمونه‌های بخاردهی شده امتیاز کلی کمتری نسبت به نمونه کنترل کسب کردند. سگوچی و همکاران (۱۹۸٤) نیز نتیجه گرفتند که هنگامی که آرد گندم با حرارت فرایند گردید کیفیت کلی کیک بهتر می-شود. روسو و چه (۱۹۷۰) گزارش دادند که حرارت دادن آرد کیک خصوصیات کیک را بهبود بخشید و دمای مطلوب را ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ذکر کردند. نتایج مشابه بسیاری قبلاً توسط سایر محققین از جمله توماسون و همکاران (۱۹۹۵) ذکر شده بود

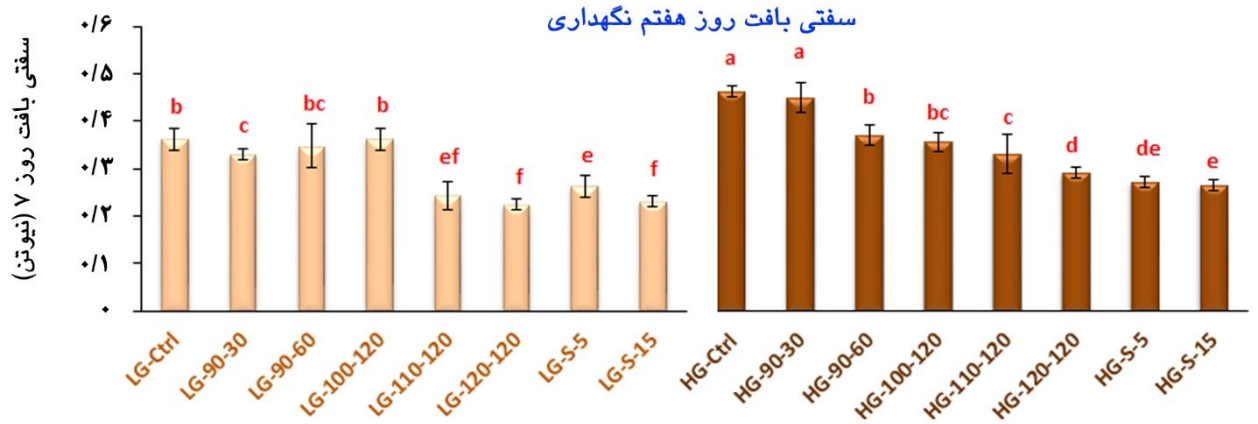
سفتی بافت دستگاهی

تأثیر فرایند حرارتی بر سفتی بافت کیک در روزهای اول، هفتم و چهاردهم به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ و ۳ نشان داده شده است. بررسی تأثیر روز نگهداری بر سفتی بافت کیک نشان داد که روز نگهداری کیک اثر معنی‌داری بر سفتی بافت داشت و با گذشت زمان از میزان نرمی بافت کیک کاسته شد. علت اصلی سفت شدن بافت کیک مربوط به پدیده برگشت نشاسته وتبدیل حالت بی‌شکل یا آمورف نشاسته به حالت بلوری آن است. در روز اول، در تیمارهای گلوتن بالا و پایین، با افزایش دما و زمان فرایند حرارتی آرد سفتی بافت کیک حاصله اندکی کاهش

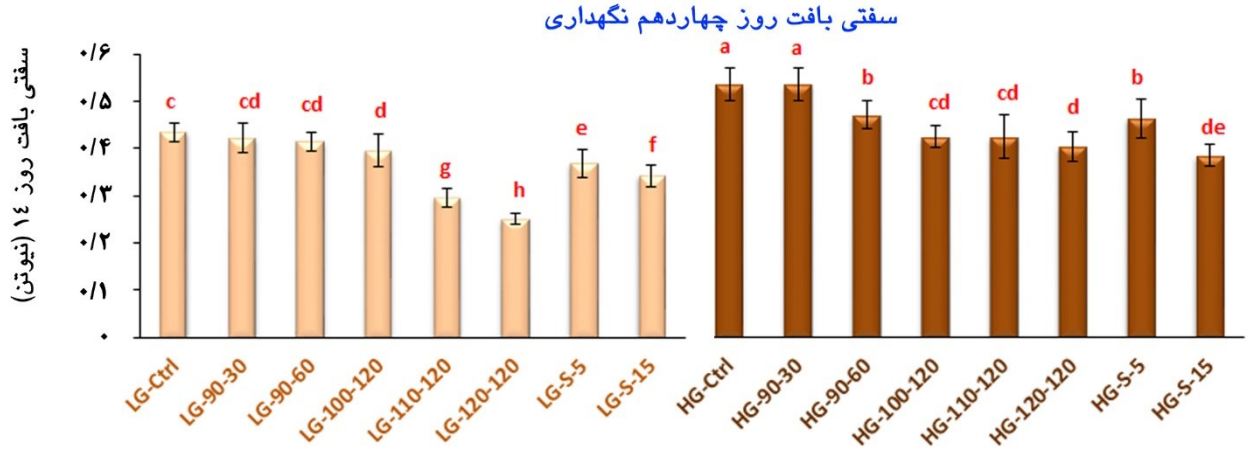
یافت. در روز هفتم، بیشترین سفتی مربوط به تیمارهای کنترل بود و نرمترین کیک‌ها، کیک‌های تهیه شده از آرد-های بخاردهی شده و حرارت دیده در دماهای ۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بود. در روز چهاردهم نیز بیشترین سفتی مربوط به تیمارهای کنترل بود و نرمترین کیک‌ها، کیک‌های تهیه شده از آردهای حرارت دیده در دماهای ۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بود. می‌توان نتیجه گرفت که با فرایند حرارتی خشک و مرطوب سفتی بافت کیک به خصوص در روزهای ۷ و ۱٤ کاهش می‌یابد. کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن پایین نسبت به کیک‌های تهیه شده از آردهای گلوتن بالا دارای سفتی کمتری به خصوص در روزهای ۷ و ۱٤ بودند. سگوچی (۱۹۹۰) نشان داد که سفتی کیک‌های پخته شده با آرد گندم حرارت دیده کاهش می‌یابد.



شکل ۱- تأثیر فرایند حرارتی آرد بر سفتی بافت کیک در تیمارهای مختلف در روز اول



شکل ۲- تأثیر فرایند حرارتی آرد بر سفتی بافت کیک در تیمارهای مختلف در روز هفتم



شکل ۳- تأثیر فرایند حرارتی آرد بر سفتی بافت کیک در تیمارهای مختلف در روز چهاردهم

نتیجه گیری

فرایند حرارتی آرد می‌تواند به عنوان روشی کارا در بهبود کیفیت کیک اسفنجی مورد استفاده قرار گیرد. در کیک‌هایی که آرد آن با حرارت خشک مورد فرایند قرار گرفت وزن مخصوص خمیر کیک نسبت به آردهای شاهد کاهش یافت. با افزایش زمان و دمای فرایند حرارتی، قوام خمیر کیک افزایش می‌یابد در صورتی‌که در بخاردهی با افزایش زمان فرایند قوام خمیر کیک کاهش یافت. فرایند حرارتی آرد باعث افزایش حجم کیک گردید. افزایش حجم کیک با فرایند حرارتی منجر به کاهش دانسیته ظاهری کیک‌های اسفنجی شد. کیک‌های تهیه شده از آرد کنترل و حرارت دیده دانسیته جسمی مشابهی داشتند. با افزایش دما و زمان فرایند حرارتی خشک میزان تخلخل نسبت به آردهای شاهد افزایش یافت. ولی میزان تخلخل در کیک‌های تهیه شده از آردهای بخاردهی شده کاهش نشان داد. فرایند حرارتی در بهبود تقارن کیک نقش داشت. در فرایند حرارتی با افزایش در دما و زمان فرایند یکنواختی کیک‌ها افزایش یافت. فرایند حرارتی تأثیر چندانی بر رنگ کیک نداشت. با فرایند حرارتی خشک و مرطوب سفتی بافت کیک به خصوص در روزهای ۷ و ۱٤ کاهش یافت. کیک اسفنجی که از آرد گلوتن بالا و پایین فرایند شده با حرارت خشک در دمای ۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه تولید شده بود بیشترین مقبولیت حسی را برای ارزیاب‌ها داشت در حالی‌که سایر نمونه‌های تهیه شده از تیمارهای حرارت خشک دیده نیز امتیاز کلی بالاتری نسبت به نمونه کنترل بدست آوردند. نمونه‌های بخاردهی شده امتیاز کلی کمتری نسبت به نمونه کنترل کسب کردند.

منابع مورد استفاده

پیغمبردوست س ه، ۱۳۸۸. **تکنولوژی فراورده های غلات**، جلد ۲. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز.

AACC, 1999. Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American Accosiation of Cereal Chemists. Ins.

Attia ESA, Shehata HA and Askar A, 1993. An alternative formula for the sweetening of reduced-calorie cakes. Food Chemistry, 48: 169-172.

Baeva MR, Panchev IN and Terzieva VV, 2000. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. Die Nahrung, 44: 242-246.

Des Rochers JL, Seitz KD, Walker CE, Wrigley C and Colin W, 2004. In Encyclopedia of Grain Science. Elsevier. pp. 129-133.

Germaine K, 2004. Heat treatment of cake flours is currently used as a substitute for chlorine treatment. The Technical Journal of Newport Scientific. December: 1-4.

Gomez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA and Rosell CM, 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids, 21: 167-173.

Hadinazhad M and Butle F, 2008. Effect of flour type and baking temperature on cake dynamic height profile measurements during baking. Food Bioprocess Technology, 3:594-602.

Hess A and Setser CS, 1983. Alternative systems for sweetening layer cake using aspartame with and without fructose. Cereal Chemistry, 60: 337-341.

Iriki N, Yamauchi H, Takata K, Nishio Z and Ichinose Y, 2002. Factors affecting apparent viscosity of heat-treated wheat flour paste. Food Science Technology Research, 8: 169-171.

Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A and Katnas SA, 2006. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. Journal of Food Engineering, 78: 953-964.

Lee CC, Wang HF and Lin SD, 2008. Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. Cereal Chemistry, 85: 515-521.

Lin SD, Hwang CF and Yeh CH, 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. Journal of Food Science, 68: 2107-2110.

Nakamura C, Koshikawa Y and Seguchi M, 2008. Effect of dry heating wheat flour on Kasutera (Japanese sponge cake) cake batter and its volume. Food Science Technology Research, 14:431-436.

Pierce MM and Walker CE, 1987. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. Cereal Chemistry, 64: 222-225.

Riganakos KA and Kontominas MG, 1995. Effect of heat treatment on moisture sorption behavior of wheat flours using a hygrometric technique. Elsevier Science, 995-1005.

Ronda F, Gamez M, Blanco CA and Caballero PA, 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Food Chemistry, 90: 549-555.

Russo JV and Doe CA 1970. Heat treatment of flour as an alternative to chlorination. Food Technology, 5: 363-74.

Seguchi M, 1984b. Comparison of oil-binding ability of different chlorinated starches. Cereal Chemistry, 61: 244–247.

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

Seguchi M, 2001. Oil Binding Ability of Chlorinated and Heated Wheat Starch Granules and Their Use in Breadmaking and Pancake Baking. Starch/Starke, 53: 408-13.

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.

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

Seguchi M, College SWsJ, Tayamachi-1, Fukakusa, Fushimi-ku and Kyoto, 1984. Oil-binding ability of heat-treated wheat starch. Cereal Chemistry, 61: 248-250.

Thomasson CA, Miller RA and Hoseney RC, 1995. Replacement of chlorine treatment for cake flour. Cereal Chemistry, 72: 616-20.

Effect of flour heating (dry and moist) on batter physical properties and sponge cake quality

SH Peighambardoust [1*], L Poursafar [2] and S Azadmard-Damirchi [1]

Received: June 12, 2013 Accepted: June 07, 2015

[1]Professor and Associate Professor, respectively, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

[2]MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Aras International Campus, University of Tabriz, Jolfa, Iran

[*]Corresponding author, E mail: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract

Effect of heat treatment of soft wheat flour (with low and high gluten contents) was investigated on batter characteristics and cake quality. Physical properties of cake batter such as specific gravity and consistency, cake properties (volume, specific volume, apparent density, solid density, apparent porosity, moisture, symmetry and uniformity, color and firmness and the final score of sensory evaluation were evaluated. Results showed that increasing time and temperature of dry heat led to a decrease in specific gravity of cake batter, cake moisture content and an increase in the batter consistency, cake volume, specific volume and cake apparent porosity. However, moist heat (steaming) application on the flours decreased the latter parameter. Control and heat treated samples had similar solid densities. The best cake symmetry and uniformity were obtained for product obtained from heat treated flours at temperatures of 110 and 120 °C for 120 min. Higher crust color values were obtained for cakes prepared from steamed flours. Crumb color for all treatments was almost similar. At 7^{th} and 14^{th} day of evaluation, control cakes showed the firmest crumbs, while cakes prepared from steamed flours and heat treated flours (at temperatures of 110 °C and 120 °C for 120 min) showed the softest crumbs. Overall, sponge cakes prepared from dry heat treated flours presented better acceptability for the sensory judges. All the results in high and low gluten treatments had similar trends.

Keywords: Wheat flour, Heat treatment, Sponge cake, Quality, Physical, Sensory