

تأثیر مخلوط صمغ گوار-آلژینات بر کیفیت و بیاتی نان پخته‌شده در آون ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو

بهناز یزدانی^۱، جعفر محمدزاده میلانی^{۲*}، ابراهیم حسینی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، مازندران

۲. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

۳. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۳۰، تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۲۴)

چکیده

در این تحقیق کیفیت و بیاتی نمونه‌های نان پخته‌شده با سیستم‌های جابه‌جایی، مایکروویو و ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو در حضور مخلوط صمغ گوار-آلژینات مورد مقایسه قرار گرفت. میزان رطوبت پوسته و مغز نان، میزان سفتی، حجم مخصوص، یکنواختی شکل، نسبت مغز به پوسته، افزایش حجم بعد از پخت، تخلخل، آنتالپی رتروگراداسیون نشاسته در طول تحقیق اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ساختار میکروسکوپی نان مورد بررسی قرار گرفت و ویژگی‌های حسی نمونه‌ها توسط هفت داور ارزیابی شد. در مورد آون ترکیبی یکنواختی شکل، نسبت مغز به پوسته و افزایش حجم بعد از پخت نان‌ها با نان پخته‌شده با سیستم جابه‌جایی قابل مقایسه بود. حجم مخصوص نان پخته‌شده در این آون کم‌ترین مقدار بود. آون ترکیبی توانست تا حدودی رطوبت مغز نمونه‌ها را نسبت به نمونه‌های پخته‌شده در مایکروویو افزایش و مقدار سفتی و آنتالپی رتروگراداسیون نمونه‌ها را کاهش دهد و مشکل بیاتی نان را حل کند. نتایج حاصل از SEM نشان داد که گرانول‌های نشاسته نان پخته‌شده به روش جابه‌جایی نسبت به نمونه‌های پخته‌شده به روش ترکیبی و مایکروویو بیش‌تر تغییر شکل داده‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد نمونه‌های پخته‌شده به روش ترکیبی و جابه‌جایی فرم و شکل و پوکی در سطح $P \leq 0/05$ اختلاف معنی‌داری نداشت و از نظر سایر خصوصیات مورد ارزیابی نمونه‌های نان پخته‌شده در آون جابه‌جایی بهتر از نمونه‌های تهیه شده در آون ترکیبی و مایکروویو تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: مایکروویو، آون ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو، هیدروکلونید، بیاتی.

* مسئول مکاتبات: jmilany@yahoo.com

1- مقدمه

معمولا در مورد بهبود کیفیت این محصولات بوده است. در تحقیقی کیسکین و همکاران (2007)، تاثیر صمغ‌های مختلف بر خواص دی‌الکتريک خمیر و نان پخته‌شده در آون ترکیبی مادون قرمز-مایکروویو را مورد بررسی قرار دادند [10]. اوزکوک و همکاران (2009) بیاتی نان پخته‌شده در آون‌های (مایکروویو، ترکیب مادون قرمز-مایکروویو و جابه‌جایی) را به کمک روش‌های مکانیکی، فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی مورد مطالعه قرار دادند. همچنین تاثیر افزودن مخلوط صمغ اگزانتان-گوار بر بیاتی نان را بررسی کرده‌اند [11]. اوزکوک و همکاران (2009)، در تحقیق دیگری تاثیر صمغ‌ها را بر ساختار ماکروسکوپی و میکروسکوپی نان پخته‌شده در آون‌های مختلف (ترکیب مادون قرمز-مایکروویو و جابه‌جایی) مورد مطالعه قرار دادند [12]. حرارت مایکروویو به علت مشکل کیفی در پخت محصولات نانویی شناخته شده است. آشکارترین نقص عدم تشکیل پوسته قهوه‌ای، بافت سفت و بیاتی سریع است [4]. بنابراین، هدف بهبود کیفیت، مخصوصا رنگ پوسته محصولات پخته‌شده با استفاده از آون ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو بود. با این حال صمغ‌ها برای کاهش سفتی و مشکل سرعت بیاتی محصولات پخته‌شده در مایکروویو و آون ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو نیز استفاده شدند.

2- مواد و روش‌ها

در این تحقیق از آرد نول که از مجتمع کارخانجات آرد تینا تهیه شده بود استفاده گردید.

2-1- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم

مقدار رطوبت، خاکستر و گلوتن مرطوب به ترتیب طبق استاندارد AACC به شماره‌های 38-11، 08-01، 44-16 انجام گرفت [13].

2-2- آماده کردن خمیر

اجزا خمیر بر پایه وزن آرد 100٪: عبارت بود از آرد، 8٪ شکر، 6٪ شیر خشک، 2٪ نمک، 3٪ مخمر، 5٪ مارگارین، 60٪ آب بوده و خمیر با استفاده از روش مستقیم آماده شد. در ابتدا، ترکیبات خشک با هم مخلوط شد. مخمر با آب 30°C حل شد و

بزرگ‌ترین تفاوت بین آون‌های جابه‌جایی و آون‌های مایکروویو ناتوانی آون مایکروویو در تحریک واکنش قهوه‌ای شدن است. دمای سرد درون آون مایکروویو موجب سرد شدن سطح محصولات پخته‌شده در مایکروویو می‌شود و دمای پایین سطح از واکنش قهوه‌ای شدن میلارد که مسئول تولید بسیاری از ترکیبات طعمی و رنگی است جلوگیری می‌کند [۱،۲]. وقتی نمونه‌ها برای مدت طولانی در مایکروویو گرم می‌شوند، خشک و شکننده می‌شوند ولی هرگز قهوه‌ای نمی‌شوند. در مقایسه حرارت جابه‌جایی در طول حرارت‌دهی با مایکروویو جریان رطوبت ناشی از تراکم و شیب فشار به طور قابل توجهی تغییر می‌کند. مقادیر نسبتا زیادتر حرارت داخلی درون مواد غذایی باعث افزایش تولید بخار رطوبت می‌شود، که مقدار قابل توجهی فشار داخلی و شیب غلظت ایجاد می‌کند. در طول حرارت‌دهی ماکوویو، جریان به سمت خارج رها شده سریع‌تر بخار ایجاد می‌شود، در نتیجه سرعت افت رطوبت بالاتر است [3].

در نان‌های پخته‌شده در مایکروویو برای حل مشکل چقرمگی و سفتی، فرمول‌های سنتی می‌توانند با استفاده از برخی افزودنی‌ها بهبود یابند یا فرمول جدید طراحی شود. همچنین می‌توان برای کاهش سفتی در نان‌های پخته‌شده در مایکروویو شرایط فرایند و مکانیسم را تنظیم کرد. ممکن است، حرارت ترکیبی راه حلی برای بهبود کیفیت محصولات پخته‌شده در مایکروویو باشد [4].

امروزه استفاده از افزودنی‌ها یک عمل رایج در صنعت نانویی شده است [5]. افزودنی‌های زیادی برای بهبود کیفیت و عمر ماندگاری نان مورد استفاده قرار می‌گیرند [6]. هیدروکلوئیدها به عنوان افزودنی در تولید محصولات نانویی کاربرد وسیعی دارند [7]. هیدروکلوئیدها افزودنی‌هایی هستند که باعث تولید نان با کیفیت بالاتر شده که کم‌تر در معرض بیاتی قرار می‌گیرند و امروزه بسیار پرکاربرد می‌باشند. هیدروکلوئیدها در محصولات نانویی جهت به تاخیر انداختن فرایند بیاتی و بهبود کیفیت محصولات تازه مورد استفاده قرار گرفته‌اند [8]. اثر کاربردی هیدروکلوئیدها ریشه در توانایی آن‌ها در اصلاح رئولوژی خمیر و کیفیت نگه‌داری رطوبت در محصولات پخته‌شده دارد [9]. در سال‌های اخیر مطالعه محصولات پخته‌شده در مایکروویو

خنک می شدند. نمونه سرد شده درون ظرفی بلندتر و پهن تر از آن قرار داده شد. فضای خالی با دانه کانولا پر شد تا دانه با سطح بالایی ظرف هم تراز گردد. این مقدار دانه با استوانه مدرج اندازه گیری شد (حجم دانه بر حسب میلی لیتر). محصول از ظرف خارج شده و توزین گردید (بر حسب گرم). مجدداً ظرف خالی با دانه پر شده و حجم این مقدار دانه نیز تعیین گشت. در نهایت حجم مخصوص توسط فرمول زیر به دست آمد:

(1)

$$\text{حجم مخصوص} =$$

حجم دانه در ظرف خالی - حجم دانه در فضای خالی ظرف حاوی نمونه
وزن نمونه نان

2-7- یکنواختی شکل (تقارن)

جهت تعیین یکنواختی شکل نان، ارتفاع و عرض نان توسط کولیس اندازه گیری شده و نسبت این دو (بر حسب میلی لیتر) به عنوان یکنواختی شکل یا اندیس تقارن در نظر گرفته شد [15].

2-8- نسبت مغز به پوسته

برای به دست آوردن نسبت مغز به پوسته مقدار مشخصی نان برداشته شده و به وسیله یک عدد تیغ، پوسته از مغز جدا شده سپس هر کدام به طور جداگانه وزن شده و نسبت وزنی آن‌ها به دست آمد [15].

2-9- افزایش حجم بعد از پخت

بعد از کامل شدن مرحله تخمیر نهایی و پهن کردن خمیرها، ارتفاع قسمت‌های مشخصی از خمیر اندازه گیری شد. بعد از تکمیل فرایند پخت و خروج نان‌ها از تنور، مجدداً ارتفاع قسمت‌های مشخص شده اندازه گرفته شدند. اختلاف ارتفاع نان پخته شده و خمیر به عنوان افزایش حجم بعد از پخت¹ بر حسب میلی متر گزارش شد [15].

2-10- بررسی ریز ساختار توسط میکروسکوپ الکترونی

روشنی (SEM)

دستگاه میکروسکوپ الکترونی² مورد استفاده در این پروژه

مارگارین پس از ذوب شدن و به صورت فاز مایع همراه با مخمر حل شده به ترکیبات خشک اضافه شد. تمام ترکیبات توسط میکسر مخلوط شد. بعد از این که مخلوط کردن خمیر تمام شد، برای تخمیر در دمای 30°C قرار گرفت. بعد از 70 دقیقه اول، خمیر سوراخ شد و تخمیر ادامه یافت. بعد از گذشت 35 دقیقه خمیر به قطعات 50 گرمی تقسیم شد. به هر قطعه شکل داده شد و برای بار آخر در شرایط مشابه به مدت 20 دقیقه قرار داده شد. سپس نمونه‌های خمیر برای پخت آماده شد.

2-3- پخت جابه جایی

پخت جابه جایی در آون ترکیبی ماکروویو-جابه جایی (Matsushita Electric Industrial) تنها با عمل جابه جایی انجام شد. نمونه‌های خمیر آماده شده در دمای 230°C به مدت 13 دقیقه پخته شد. آون قبل از قرار گرفتن نمونه‌های خمیر در آن در دمای 230°C پیش گرم شد. در هر دفعه سه نان پخته شد.

2-4- پخت ماکروویو

پخت ماکروویو در آون ترکیبی ماکروویو-جابه جایی (Matsushita Electric Industrial) تنها با استفاده از توان ماکروویو انجام شد. نمونه‌های خمیر با توان 100٪ به مدت 2 دقیقه پخته شدند. در هر دفعه سه نان پخته شد.

2-5- پخت ترکیبی ماکروویو-جابه جایی

پخت ترکیبی ماکروویو-جابه جایی در آون ترکیبی ماکروویو-جابه جایی (Matsushita Electric Industrial) انجام شد. وضعیت ترکیبی روی COMB 6 تنظیم شد، که دمای پخت 230°C است. پخت به مدت 8 دقیقه انجام شد. در هر دفعه سه نان پخته شد.

2-6- حجم مخصوص

حجم مخصوص نان با روش جایگزینی دانه کلانولا و با استناد به استاندارد A-A-20126E (2004) اندازه گیری شد [14]. طبق این روش نمونه‌ها باید حداقل 2 ساعت در دمای اتاق

1. Oven spring

2. SEM

2-13- سفتی مغز. مدل S-360 ساخت شرکت کمبریج کشور انگلستان بود.

جهت آماده سازی، نمونه‌ها به ابعاد 8×8 میلی‌متر و ضخامت 3 میلی‌متر بریده شده و توسط چسب مخصوص روی پین‌های آلومینیومی چسبانده شدند. موادی که جزء دسته فلزات نیستند باید به‌وسیله یک لایه نازک رسانا (طلا) پوشانده شوند. این کار به کمک ابزاری به نام پوشش دهنده انجام شد.

2-11- آزمون حسی

این آزمون توسط 7 ارزیاب آموزش دیده صورت گرفت. ارزیاب‌ها باید به هر ویژگی امتیازی از 1-5 می‌دادند که در ضریب مخصوص خود ضرب شده و امتیاز نهایی به دست می‌آمد. در این ارزیابی فرم و شکل با ضریب 2، ویژگی و خصوصیات سطح زیرین نان با ضریب 1، ویژگی و خصوصیات پوسته و سطح رویی نان با ضریب 2، پوکی و تخلخل با ضریب 3، قابلیت جویدن با ضریب 3، سختی و نرمی بافت و ساختار نان با ضریب 4 و بو، طعم و مزه نان با ضریب 5 محاسبه گردید. درجه بندی نان در این فرم‌ها با توجه به عدد کیفی به شرح زیر بود: امتیاز 5: عالی، امتیاز 4/5-4/99: خیلی خوب، 4-4/49: خوب، 3-3/99: قابل قبول و کم‌تر از 3: نامطلوب.

2-14- آنالیز حرارتی روبشی تفاضلی (DSC)

این آزمون توسط دستگاه TGA/DSC 1، ساخت کمپانی متلر تلودو کشور سوئیس انجام گردید. در این آزمایش نیز مبحث زمان‌بندی آزمایشات مد نظر قرار گرفته است (روز اول، سوم و پنجم).

در این آزمون تکه‌ای از نان به وزن 15 میلی‌گرم در پن دستگاه کاملاً پوشانده شده قرار گرفت. پوشاندن به منظور جلوگیری از تبخیر آب از نمونه نان صورت گرفت. اسکن گرمایی بین 25 تا 150 °C با سرعت 10 درجه سانتیگراد بر دقیقه انجام شده و منحنی‌های مربوطه به‌دست آمد [18].

2-15- آنالیز آماری

آزمایشات در سه تکرار در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی انجام شدند. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس دو طرفه قرار گرفته و سپس برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری 95٪ استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS نسخه 1/9 انجام شد. منحنی‌های مربوطه در محیط EXCEL توسط نرم افزار Office 2007 رسم شدند.

2-12- رطوبت مغز و پوسته

رطوبت پوسته و مغز نان به‌طور جداگانه طبق روش مورد استفاده توسط شیتو و همکاران (2008) تعیین شد. پس از برداشتن مقدار مشخصی از نمونه نان پوسته نان توسط تیغی از مغز آن جدا شده و 1 گرم از هر کدام به‌طور جداگانه درون پتری دیش با وزن مشخص (در آون °C 100±2 قرار داده شده و به وزن ثابت رسیده) توزین شده و پتری دیش همراه نمونه به مدت 2 ساعت درون آون با دمای °C 105 گذاشته شد تا خشک شده و به وزن ثابت برسد. پس از قرار دادن درون دسیکاتور و کاملاً خنک شدن، ظروف همراه نمونه توزین شدند. رطوبت نمونه از اختلاف بین پتری دیش همراه نمونه قبل از گذاشتن درون آون و بعد از خروج از آن قابل حصول است. آزمایشات بلافاصله پس از پخت، دو و چهار روز بعد از پخت انجام شدند [9].

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج آزمون های فیزیکوشیمیایی آرد

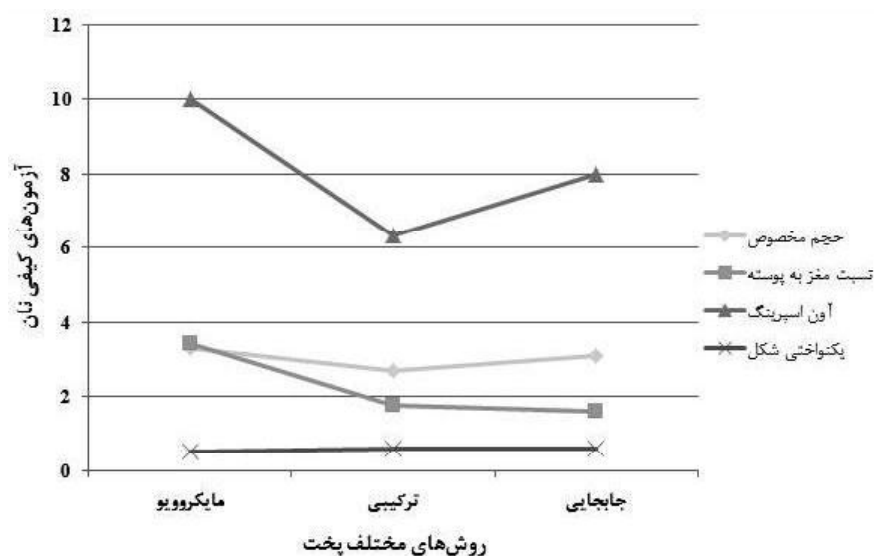
جدول (1) نتایج آزمون های فیزیکوشیمیایی آرد

رطوبت (%)	خاکستر بر مبنای ماده خشک (%)	گلوتن مرطوب (%)
11/13	0/51	32/35

3-2- حجم مخصوص

طول حرارت دهی میکروویو به صورت غیرقابل مقایسه ای بالاتر از مقدار به دست آمده در طول حرارت دهی به صورت جابه جایی است [20]. مشاهده شد نان پخته شده به روش ترکیب جابه جایی-میکروویو دارای کمترین حجم مخصوص است. این نتیجه ممکن است ناشی از تشکیل ناگهانی پوسته باشد، که از انتقال حرارت به قسمت های درونی که برای تشکیل ماتریکس نشاسته گلوتن ضروری است جلوگیری کرده است. این ماتریکس توسعه بهینه خمیر و نگهداری گاز را فراهم می کند که موجب می شود حجم مخصوص افزایش یابد [21].

همانطور که در شکل 1 مشاهده می شود حجم مخصوص نان پخته شده در آون میکروویو در سطح $P \leq 0/05$ به صورت معنی داری با بقیه نمونه ها متفاوت بوده و دارای حجم مخصوص بیشتری بود. در پخت میکروویو، مقدار نسبتا زیاد حرارت داخلی به صورت قابل توجهی فشار داخلی ایجاد می کند، که ممکن است باعث پف کردن و افزایش حجم شود [19]. از آنجایی که مکانیزم پخت میکروویو با پخت جابه جایی متفاوت است، فشار داخلی تولید شده درون محصولات متخلخل در



شکل (1) نتایج آزمون های کیفی نان

3-3- یکنواختی شکل (تقارن)

اسپرینگ بالاتری داشتند. علت بیش‌تر بودن آن اسپرینگ در نمونه‌های پخته‌شده در آن مایکروویو مکانیزم حرارتی متفاوت آن با مکانیزم حرارتی جابه‌جایی است. در پخت مایکروویو، مقدار نسبتاً زیاد حرارت داخلی به صورت قابل توجهی فشار داخلی ایجاد می‌کند، که ممکن است باعث پف کردن و افزایش حجم شود.

نان پخته‌شده به روش مایکروویو به صورت معنی‌داری، یکنواختی شکل (نسبت ارتفاع به قطر) کم‌تری نسبت به دوروش دیگر دارد. در روش مایکروویو منبع دما در یک سو قرار دارد به همین دلیل محصول روی یک صفحه چرخان است این مسئله می‌تواند باعث عدم تقارن نمونه‌های نان شود. نمونه‌های پخته‌شده به روش جابه‌جایی و روش ترکیبی یکنواختی شکل بیش‌تری داشتند و این دو روش حرارت‌دهی از لحاظ این ویژگی تفاوت معنی‌داری نداشتند. که این مطلب گویای این است که حرارت ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو توانسته مشکل غیریکنواختی شکل نان پخته‌شده به روش مایکروویو را حل کند.

3-4- نسبت مغز به پوسته

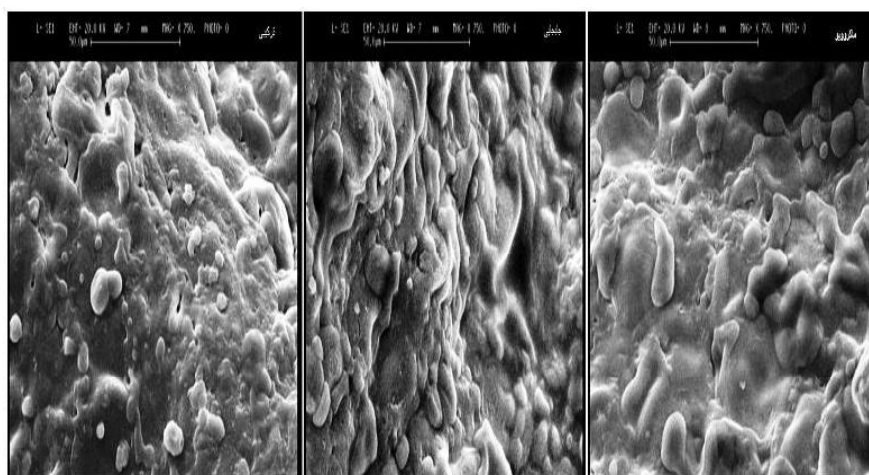
3-6- بررسی ریزساختار توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

همان‌طور که در تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (شکل 2) مشاهده شد گرانول‌ها در نمونه‌های نان پخته‌شده در آن ترکیبی و مایکروویو حالت درخشنده‌ای به خود گرفته‌اند که نشان دهنده رتروگراداسیون سریع‌تر آن‌ها می‌باشد و بنابراین، سرعت بیش‌تر بیات شدن را در این نوع نان بیان می‌کند. هم‌چنین گرانول‌های نشاسته در نان پخته‌شده در مایکروویو و آن ترکیبی جابه‌جایی- مایکروویو تغییر شکل داده‌اند اما کاملاً هویت خود را از دست نداده‌اند در حالی که گرانول‌های نشاسته در نان پخته‌شده به صورت جابه‌جایی بیش‌تر از شکل طبیعی خود خارج شده‌اند. تجزیه ناقص گرانول‌های نشاسته ممکن است ناشی از این حقیقت باشد که حرارت‌دهی مایکروویو باعث افت زیاد رطوبت می‌شود که بر تورم و ژلاتیناسیون نشاسته اثرگذار است. گرانول‌های نشاسته بسته به جایگاهی که در ساختمان نان دارند در اثر جذب رطوبت و دمای پخت به کار رفته میزان تورمشان می‌تواند متفاوت باشد [23].

نسبت مغز به پوسته در نمونه‌های پخته‌شده در آن مایکروویو نسبت به دیگر روش‌های حرارت‌دهی در سطح معنی‌داری $0/05 \leq P$ بیش‌تر بود. علت بالاتر بودن نسبت مغز به پوسته در نمونه‌های پخته‌شده در آن مایکروویو متفاوت بودن مکانیسم حرارت‌دهی مایکروویو است. دمای محصولات پخته‌شده در مایکروویو نسبت به پخت در آن جابه‌جایی به سرعت بالا می‌رود، بنابراین کل زمان پخت کوتاه است و فرصت برای تشکیل پوسته نیست [22].

3-5- افزایش حجم بعد از پخت

نمونه‌های پخته‌شده در آن مایکروویو در سطح $0/05 \leq P$ به‌صورت معنی‌داری نسبت به دو روش دیگر حرارت‌دهی آن



شکل (2) تصاویر SEM نمونه‌های پخته‌شده در آن‌های مختلف. الف) مایکروویو ب) جابه‌جایی ج) ترکیبی

3-8- رطوبت مغز و پوسته

تصاویر میکروسکوپ الکترونی مربوط به نمونه‌های پخته شده در تمام آون‌ها گرانول‌های نشاسته و پروتئین توسط لایه‌ای از ترکیبات هیدروکلوئیدی پوشانده شده‌اند. این امر سبب استحکام بیشتر دیواره حباب‌های هوای موجود در نان شده است. حضور لایه مذکور می‌تواند به استحکام ساختار حاصل از ترکیبات نشاسته و پروتئین کمک نماید و به نوعی با درگیر نمودن آن‌ها از طریق رطوبت بیشتر موجود در بافت و در نتیجه تعدد بیشتر باندهای هیدروژنی در شبکه سه بعدی موجود در نان، وقوع پدیده بیاتی و خروج اجزای سازنده این ترکیبات از شبکه مذکور را به تاخیر اندازد [24]. هم‌چنین هیدروکلوئیدها می‌توانند واکنش‌های داخلی نزدیکی با اجزا خمیر داشته باشند و از این رو موجب تاخیر واکنش داخلی میان این اجزا شوند [25].

3-7- آزمون حسی

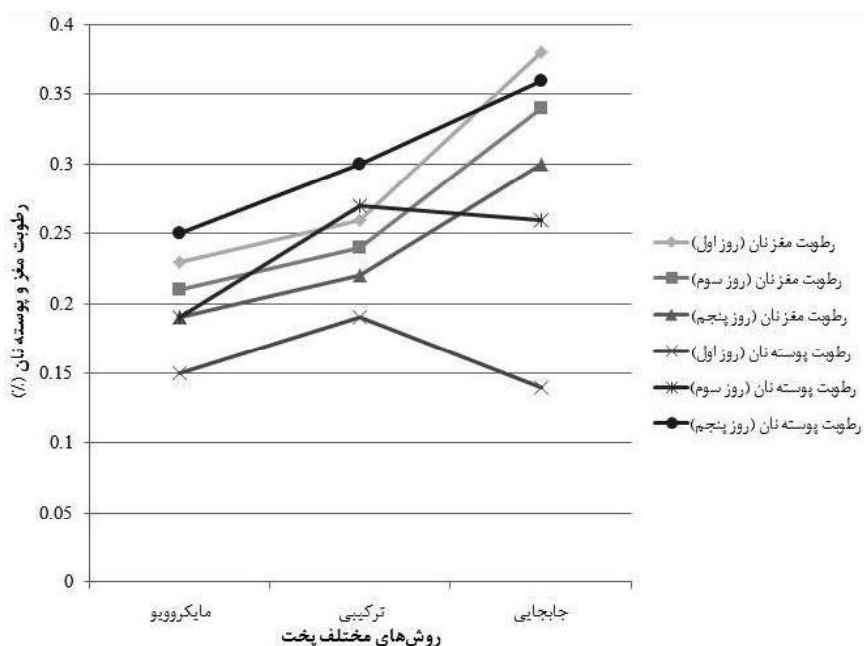
نمونه‌های پخته شده در آون جابه‌جایی و آون ترکیبی جابه‌جایی- مایکروویو از نظر فرم و شکل در سطح $P \leq 0/05$ اختلاف معنی‌داری نداشتند و این نمونه‌ها امتیاز بالاتری نسبت به نمونه‌های پخته شده در آون مایکروویو توسط گروه داوران کسب کرده‌اند. خصوصیات سطح زیرین، خصوصیات پوسته و سطح رویی نان و بو، طعم و مزه نان، پوکی و تخلخل، قابلیت جویدن و سفتی و نرمی بافت و ساختار نان نمونه‌های پخته شده در آون جابه‌جایی از طرف گروه داوران بالاترین امتیاز را کسب کردند و نمونه‌های پخته شده در آون مایکروویو کم‌ترین امتیاز را کسب نمودند. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های نان پخته شده در سیستم جابه‌جایی از نظر گروه داوران بیش‌ترین میزان پذیرش را دارا بود.

3-9- سفتی

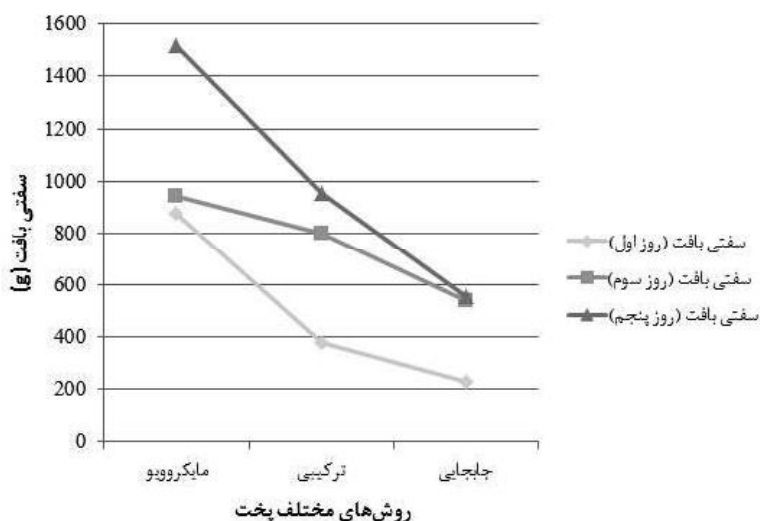
یکی از روش‌های تعیین بروز بیاتی نان مشخص نمودن سفتی بافت نان می‌باشد. مقاومت نان به تغییر شکل یک ویژگی بافتی

جدول (2) نتایج آزمون ارزیابی حسی

خصوصیت/نمونه	جابه‌جایی	ترکیبی	مایکروویو
فرم و شکل	9/94±0/1 ^a	9/43±1 ^a	8/85±0/7 ^b
ویژگی و خصوصیات سطح زیرین نان	4/93±0/2 ^a	4/85±0/2 ^b	4/36±0/5 ^c
ویژگی و خصوصیات سطح رویی نان	10±0 ^a	9/17±0/9 ^b	6/37±1/16 ^c
پوکی و تخلخل	14/01±1/41 ^a	13/8±1/02 ^b	12/43±1/9 ^c
قابلیت جویدن	15±0 ^a	13/58±0/9 ^b	11/13±1/7 ^c
سفتی و نرمی بافت و ساختار نان	20±0 ^a	18/51±1 ^b	15/54±1/41 ^c
بو، طعم و مزه نان	23/92±1/3 ^a	22/86±1/6 ^b	19/64±3/6 ^c



شکل (3) رطوبت مغز و پوسته نان‌های حاوی صمغ پخته‌شده در آون‌های مختلف در طول نگهداری



شکل (4) سفتی نان‌های حاوی صمغ پخته‌شده در آون‌های مختلف در طول نگهداری

است که به‌عنوان ثبات و استحکام نان شناخته می‌شود و درجه این استحکام و افزایش آن با گذشت زمان عامل مهمی در ارزیابی بیاتی نان است [28]. در طول پنج روز نگهداری میزان

نمونه‌های پخته‌شده در آون ترکیبی حدواسط مقدار سفتی نمونه‌های پخته‌شده در ماکروویو و سیستم جابه‌جایی بود [29].

3-10- آنالیز حرارتی روبشی تفاضلی (DSC)

می‌توان در جدول 3 مشاهده کرد آنتالپی کریستالیزاسیون نمونه‌ها با افزایش مدت زمان ماندگاری نمونه‌ها افزایش یافته است. این افزایش میزان آنتالپی با گذشت زمان ماندگاری، به معنای افزایش رتروگراداسیون نشاسته است که خود یکی از عوامل کلیدی در بیاتی نان محسوب می‌شود [30]. آنتالپی رتروگراداسیون

سفتی نان با گذشت زمان در سطح $P \leq 0/05$ به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. بیلیداریس و همکاران (1996)، گزارش کردند که افزایش سفتی نان در طی نگهداری می‌تواند در نتیجه کاهش رطوبت و هم‌چنین پدیده تنزل کیفیت نشاسته باشد. مقدار سفتی نمونه‌های پخته‌شده در ماکروویو نسبت به دیگر روش‌های حرارت‌دهی بیش‌ترین مقدار بود. میزان سفتی

مقدار و در آون جابه‌جایی کم‌ترین مقدار بود. نتایج آزمون حسی نشان داد نان پخته شده به روش ترکیبی از نظر رنگ پوسته تقریباً شبیه به نمونه‌های پخته شده در سیستم جابه‌جایی بود. بنابراین، پخت ترکیبی جابه‌جایی-مایکروویو مزیت صرفه‌جویی در زمان پخت مایکروویو را با مزیت قهوه‌ای شدن حرارت‌دهی جابه‌جایی به همراه دارد. همچنین فرم و شکل نمونه‌های پخته شده در آون ترکیبی و جابه‌جایی اختلاف معنی‌داری نداشت. ولی از نظر سایر خصوصیات نمونه‌های پخته شده به روش جابه‌جایی بهتر از نمونه‌های پخته شده در آون ترکیبی و مایکروویو تشخیص داده شد. در تصاویر میکروسکوپی به نظر می‌رسد گرانول‌های متورم شده نشاسته و پروتئین‌های موجود توسط لایه‌ای از ترکیبات هیدروکلوئیدی پوشانده شده‌اند. گرانول‌های نشاسته نان پخته شده به صورت جابه‌جایی از شکل طبیعی خود خارج شده‌اند ولی گرانول‌های نشاسته در نان پخته شده در مایکروویو و آون ترکیبی تغییر شکل داده‌اند اما کاملاً هویت خود را از دست نداده‌اند. نتایج حاصل از آنالیز تصاویر اسکنر نشان داد نمونه‌های پخته شده به روش ترکیبی بیش‌ترین مجموع مساحت سلول‌ها را دارا بود و دارای بزرگ‌ترین منافذ و بافتی با ساختار گسترده‌تر بود. همچنین مجموع مساحت سلول‌ها در نمونه‌های پخته شده در مایکروویو کم‌ترین مقدار بود.

نان‌های پخته شده در مایکروویو به علت مشکل بیاتی سریع حرارت‌دهی مایکروویو بالاترین مقدار بود. به عبارت دیگر، مقدار آنتالپی رتروگراداسیون نمونه‌های پخته شده در آون ترکیبی جابه‌جایی - مایکروویو بین مقدار آنتالپی رتروگراداسیون نمونه‌های پخته شده در آون مایکروویو و آون جابه‌جایی بود، این بدین معناست که، حرارت‌دهی ترکیبی می‌تواند تا حدودی مشکل بیاتی سریع حرارت‌دهی مایکروویو را در مورد یکی از پارامترهای شاخص بیاتی حل کند.

4- نتیجه‌گیری

حجم مخصوص، آونگ اسپرینگ و نسبت مغز به پوسته نمونه‌های پخته شده در آون مایکروویو در مقایسه با دیگر روش‌ها بیش‌ترین مقدار بود. یکنواختی شکل در نمونه‌های پخته شده در آون جابه‌جایی و روش ترکیبی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند و بیش‌تر از نمونه‌های پخته شده در مایکروویو بودند. میزان رطوبت پوسته، میزان سفتی و آنتالپی رتروگراداسیون در نمونه‌های پخته شده به هر سه روش در طول نگهداری افزایش و میزان رطوبت مغز کاهش یافت. میزان رطوبت مغز در نمونه‌های پخته شده به روش مایکروویو کم‌ترین مقدار و در نمونه‌های پخته شده به روش جابه‌جایی بیش‌ترین مقدار بود. میزان سفتی و آنتالپی رتروگراداسیون نمونه‌های پخته شده در آون مایکروویو بیش‌ترین

جدول (3) پارامترهای آندوترم رتروگراداسیون نان‌های حاوی صمغ پخته شده در آون‌های مختلف در طول نگهداری

ΔH_f (J/g)	T_c ($^{\circ}C$)	T_p ($^{\circ}C$)	T_0 ($^{\circ}C$)	زمان نگهداری
جابه‌جایی - حاوی صمغ				
1/21	66/92	58/58	52/25	اول
3/27	66/87	52/89	45/82	سوم
8/37	74/20	63/22	53/89	پنجم
ترکیبی - حاوی صمغ				
3/22	66/12	55/95	47/79	اول
8/35	68/21	56/69	46/79	سوم
25/08	90/16	76/03	64/36	پنجم
مایکروویو - حاوی صمغ				
3/51	65/18	53/62	43/55	اول
17/85	85/35	72/12	59/74	سوم
49/59	86/26	71/61	55/98	پنجم

- [11] Ozkoc, S. O., Sumnu, G., Sahin, S., and Turabi, E., 2009. Investigation of physicochemical properties of breads baked in microwave and infrared-microwave combination ovens during storage. *European Food Research and Technology*, 228:883-893.
- [12] Ozkoc, S. O., Sumnu, G. and S. Sahin, 2009. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 23: 2182-2189.
- [13] AACC, 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.
- [14] A-A-20126E, February 26, Commercial Item Description Flour. The U. S. Department of Agriculture (USDA) has authorized the use of this Commercial Item Description (CID), 2004.
- [15] Rosell, C. M., and Santos, E., 2010. Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake of bread. *J. Food eng.*, 98(2): 273-281.
- [16] Chiavaro, E., Vitadini, E., Musci, M., Bianchi, F., and Curti, E., 2008. Self-life stability of artisanally and industrially produced durum wheat sourdough bread ("Altamura bread"). *LWT*. 41: 58-70.
- [17] AACC, 1999. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.
- [18] Ribotta, P.D., and Bail, A.L., 2007. Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT*, 40: 879-884.
- [19] Lin, T. M., Durance, T. D., and Scaman, C. H., 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31:111-117.
- [20] Datta, A. K., 2001. Fundamentals of heat and moisture transport for microwaveable food product and process development. *Handbook of microwave technology for food applications* (edited by Datta, A. K., and Anantheswaran, R. C.), 115-172.
- [1] Decareau, R. V., 1992. Microwave foods: New product development. *Food Nutrition Press Inc.* 117-180.
- [2] Hegenbert, S., 1992. Microwave quality: coming of age. *Food Product Design*, 17: 29-52.
- [3] Datta, A. K., 1990. Heat and mass transfer in the microwave processing of food. *Chemical Engineering Progress*, 86: 47-53.
- [4] Keskin, S. O., sumnu, G., Sahin, S., 2003. Effects of different ovens and enzymes on quality parameters of bread.
- [5] Rosell, C. M., Rojas, J. A., and Benedito de Barber, C., 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81.
- [6] Butt, M. S., Anjum, F. M., Samad, A. Kausar, T., and Tauseef Mukhtar, M., 2001. Effect of different gums on the quality and shelf life of bread. *Int. J. Agri. Biol.*, 3(4): 482-483.
- [7] Shittu, T. A., Aminu, R. A., and Abulude, E. O., 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 23: 2254-2260.
- [8] Barcenas, M. E., and Rosell, C. M., 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19: 1037-1043.
- [9] Shittu, T. A., Dixon, A., Awonorin, S. O., Sanni, L. O., and Maziya-Dixon, B., 2008. Bread from composite Cassava-wheat flour. II: Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. *Food Rese Int.*, 41: 569-578.
- [10] Keskin, S. O., Sumnu, G., and Sahin, S., 2007. A study on the effects of different gums on dielectric properties and quality of breads baked in infrared-microwave combination oven. *Eur. Food Res. Technol.* 224: 329-334.

- [21] Demirekler, P., Sumnu, G., and Sahin, S., 2004. Optimization of bread baking in halogen lamp-microwave combination oven by response surface methodology. *European Food Research and Technology*, 219: 341-347.
- [22] Sumnu, G., 2001. A review on microwave baking of foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 117-127.
- [23] یارمند، م. س. 1388. مطالعه و ارزیابی میکروسکوپی و حسی بیاتی نان‌های پر مصرف ایرانی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره 6، شماره 3، صفحات 83-92.
- [24] Seres, Z., Gyura, J., Filipovic, N., and Simonvic, D. S., 2005. Application of decolorization on sugar beet pulp in bread production. *Eur. Food Res. Technol.*, 221: 54-60.
- [25] Majzoobi, M., Sariri Ghavi, F., Farahnaky, A., Jamalian, J., and Mesbahi, GH., 2009. Effect of tomato pomace powder on the physicochemical properties of flat bread. *Journal of Food Processing and Preservation* ISSN, 1745-4549.
- [26] Gray, J. A., and Bemiller, J. N., 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(1): 1-21.
- [27] Patel, B. K., Waniska, R. D., and Seetharaman, K., 2005. Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in bread crumb. *Journal of Cereal Science*, 42: 173-184.
- [28] He, H., and Hosney, R. C., 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chemistry*, 67: 603-605.
- [29] Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., and Rattan, O., 1996. Effect of arabinoxylans on bread making quality of wheat flours. *Food Chemistry*, 53: 165-171.
- [30] Jacobs, H., and Delcour, J. A., 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of granular starch. *Journal of Agriculture and food chemistry*, 46: 2895-2905.