

## تأثیر ژل کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم و خصوصیات فیزیکی نان بربری

منصوره سلیمانی فرد، مهران اعلمی، فرامرز خدایان چگنی\* و گودرز نجفیان\*\*

\* نگارنده مسئول، نشانی: کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران، صندوق پستی ۴۱۱۱، پیام‌نگار: khodaiyan@ut.ac.ir  
\*\* به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد؛ استادیار دانشکده صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران؛ و دانشیار بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۷

### چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر ژل کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و پارامترهای کیفی (حجم، حجم ویژه، سفتی و نرمی بافت، افت پخت و فعالیت آبی) و ویژگی‌های حسی نان بربری است که در قالب بلوک کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز در سطوح مختلف ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد (وزنی/وزنی) به آرد گندم اضافه و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر با دستگاه فارینوگراف اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از رئولوژیکی خمیر نشان داد که با افزودن ژل، ظرفیت جذب آب، زمان ورود به خط ۵۰۰ برابندر، زمان گسترش، زمان پایداری خمیر، زمان ترک خط ۵۰۰ برابندر و زمان شکست افزایش، اما سست شدن بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه و همچنین شاخص تحمل به اختلاط، در مقایسه با نان شاهد کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت آبی نشان داد که افزودن هیدروکلئید، فعالیت آبی را کاهش می‌دهد. در نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های تکنولوژیکی، مشاهده شد که افزودن ژل در سطح ۱/۵ درصد حجم و حجم ویژه نان را افزایش می‌دهد. با این که سطح ۱/۵ درصد بهبود رئولوژیکی را موجب شد، اما سطح مطلوب از نظر کیفی، ۰/۵ درصد است.

### کلمات کلیدی

ارزیابی حسی، بیاتی، رئولوژی خمیر، ژل کربوکسی متیل سلولز، کیفیت نان بربری

### مقدمه

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ۳۰ درصد موارد، خارج کردن نان از چرخه مصرف، با بیات شدن آن ارتباط دارد (Chinachoti & Vodovotz, 2001). بنابراین، تحقیق در مورد کاهش ضایعات و به تأخیر انداختن بیاتی، یکی از دغدغه‌های پژوهشگران است که با اضافه کردن مواد افزودنی، تغییر روش پخت، بسته‌بندی و نگهداری مناسب‌تر، سعی در به تأخیر انداختن بیاتی دارند. از جمله مواد افزودنی که به طور وسیعی جهت بهبود کیفیت، در صنعت غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند، هیدروکلئیدها هستند (Ahmadi-Gavilighi et al., 2006).

بیاتی مجموعه تغییرات پیچیده فیزیکی، شیمیایی و حسی نان در دوره نگهداری است، از جمله: تغییر در بافت (سخت‌تر و شکننده‌تر شدن)، مهاجرت رطوبت، کریستالیزاسیون نشاسته و تغییر در شبکه پروتئینی گلوتن یا واکنش بین پروتئین گلوتن و گرانول‌های نشاسته، کاهش قابلیت جذب آب، کاهش قابلیت فشردگی و تراکم‌پذیری، کاهش حساسیت به آنزیم آلفا آمیلاز و کاهش مقدار نشاسته انحلال‌پذیر که سرانجام با کاهش پذیرش از طرف مصرف‌کننده همراه است (Gray & Bemiller, 2003).

با افزودن هیدروکلئیدها، به دلیل قابلیت این ترکیبات در جذب و نگهداری آب، فعالیت آبی نان‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش می‌یابد؛ در حالی که در حین نگهداری، به دلیل افت رطوبت بیشتر، کاهش در فعالیت آب بیشتر است و به افزایش سفتی مغز نان منجر می‌شود.

نان بربری نوعی نان نیمه حجیم است که در اکثر استان‌های کشور مصرف می‌شود. مصرف نان بربری نسبت به سایر نان‌ها بیشتر است، اما به دلیل عواملی از جمله بیات شدن، خشک شدن، کپک‌زدگی و موارد دیگر، ویژگی‌های کیفی آن به شدت کاهش یافته و با خارج شدن از چرخه مصرف، سالانه هزینه هنگفتی تحمیل می‌شود. هیدروکلئید مورد استفاده در این تحقیق کربوکسی‌متیل سلولز، یکی از مشتقات مهم سلولز، است که از طریق واکنش سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک تولید می‌شود. این ماده در گروه هیدروکلئیدها قرار دارد و در صنایع غذایی به منزله ماده غلیظ، معلق و پایدارکننده در حد وسیعی استفاده می‌شود. این هیدروکلئید در آب قابل حل اما در حلال‌های آلی انحلال‌ناپذیر است. کربوکسی‌متیل سلولز، ژل برگشت‌پذیری تولید می‌کند که ویسکوزیته آن با افزایش دما، کاهش می‌یابد. این هیدروکلئید توانایی واکنش با پروتئین‌ها را دارد و می‌تواند خواص عملکردی آن‌ها را تغییر دهد (Fatemi, 2005).

با توجه به مطالبی که در بالا ذکر شد و بررسی مقالات و پژوهش‌های نوشته و اجرا شده در این زمینه، به نظر می‌رسد تا کنون هیچ‌گونه کار تحقیقاتی در زمینه تأثیر هیدروکلئید کربوکسی‌متیل سلولز به صورت ژل بر نان بربری گزارش نشده است. این پژوهش با هدف تولید خمیری با ویژگی‌های رتولوژیکی مطلوب و بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کاهش شدت بیاتی و افزایش عمر انباری نان بربری شکل گرفت.

هیدروکلئیدها یا صمغ‌ها گروهی بزرگ از پلی‌ساکاریدها و مشتقات آن‌ها هستند که قادرند در غلظت‌های پایین، محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا تولید کنند. معمولاً هیدروکلئیدها در تهیه نان‌های حجیم و نیمه‌حجیم برای بهبود بافت، تقویت شبکه گلوتنی، ایجاد نرمی، یکنواختی و به تعویق انداختن بیاتی استفاده می‌شوند.

هیدروکلئیدها، علاوه بر دارا بودن ویژگی ضد بیاتی، ویژگی‌های حسی و فیزیکی (رطوبت، سفتی، حجم، حجم ویژه، شکل و رنگ) نان تازه و انبار شده را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Guarda *et al.*, 2004). گلشنی‌راد و همکاران (Ghoreishi-Rad *et al.*, 2011) تأثیر دو نوع هیدروکلئید گوار و کاراگینان را در دو سطح ۰/۵ و ۰/۱ درصد بر ویژگی‌های رتولوژیکی خمیر و نان بربری مطالعه کرده و گزارش دادند که افزودن این هیدروکلئیدها، منجر به افزایش مقاومت در برابر تغییر شکل و کاهش نیروی لازم برای گسیختن در پوسته نان بربری می‌شود؛ همچنین، افزودن این دو صمغ در سطح ۰/۵ و ۰/۱ درصد منجر به بهبود جذب آب، افزایش قوام و افزایش مقاومت به کشش‌پذیری خمیر نان خواهد شد. نتایج تحقیقات شالینی و لاکسمی (Shalini & Laxmi, 2007) نشان می‌دهد که افزودن هیدروکلئیدها، باعث افزایش قدرت نگهداری آب در خمیر، پایداری خمیر در حین تخمیر، افزایش حجم ویژه نان و کاهش سفتی مغز نان می‌شود.

لازاریدو و همکاران (Lazaridou *et al.*, 2007) تأثیر هیدروکلئیدهای پکتین، آگاروز<sup>۱</sup>، زانتان و بتاگلوکان را بر تغییرات رنگ و فعالیت آبی نان فاقد گلوتن در حالت تازه و در حالت نگهداری بررسی و اعلام کردند که در ارتباط با ارزیابی پارامترهای مربوط به رنگ، افزودن هیدروکلئیدها منجر به افزایش روشنایی در پوسته و افزایش در فاکتور قرمزی و زردی در پوسته و مغز شده است. در ارتباط با تغییرات فعالیت آبی نیز مشاهده شد که

## مواد و روش‌ها

### مواد اولیه

برای تهیه نان بربری از آرد ستاره با درجه استخراج ۷۵ درصد، از کارخانه آرد زاهدی استفاده شد. صمغ مورد آزمون در این تحقیق، کربوکسی متیل سلولز بود که به صورت پودری در بسته‌بندی‌های ۱۰۰ گرمی از یکی از شرکت‌های پخش مواد و وسایل آزمایشگاهی شهرستان گرگان تهیه و به صورت ژل به آرد گندم اضافه شد. خمیرمایه خشک فعال فوری با نام تجاری دزمایه، ساخت شرکت خمیرمایه خوزستان در بسته‌بندی‌های ۵۰۰ گرمی دارای چند لایه از جنس فویل آلومینیوم، از یکی از سوپرمارکت‌های شهرستان گرگان خریداری شد.

### آزمون‌های شیمیایی و فارینوگرافی برای آرد و خمیر

مقدار رطوبت، با استفاده از روش AACC شماره ۱۶-۴۴، خاکستر از روش AACC شماره ۰۱-۰۸، خاکستر انحلال‌ناپذیر با استفاده از روش AACC شماره ۰۱-۰۸، مقدار پروتئین با استفاده از روش AACC شماره ۱۶-۴۶، مقدار گلوتن مرطوب با استفاده از روش AACC شماره ۱۲۸-۳۸، شاخص گلوتن با استفاده از روش AACC شماره ۱۲-۳۸، اسیدیته با روش کنت جونز<sup>۱</sup>، عدد فالینگ با استفاده از روش AACC شماره B ۸۱-۵۶ و pH با استفاده از استاندارد AACC شماره ۵۲-۰۲ اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های فارینوگرافی آرد گندم و مخلوط آرد گندم و ژل کربوکسی متیل سلولز با استفاده از روش AACC شماره ۲۱-۵۴ با دستگاه فارینوگراف ساخت شرکت برابندر آلمان تعیین شد (Anon, 2000).

### پخت نان

نمونه‌های نان از آرد گندم و ژل کربوکسی متیل سلولز (۱/۵ و ۱ و ۰/۵ درصد)، به روش خمیر مستقیم تهیه شد.

بدین صورت که آرد گندم با مواد دیگر از جمله: ۱/۵ درصد نمک، ۱/۵ درصد مخمر و به مقدار لازم آب جهت تهیه خمیر (تعیین شده توسط دستگاه فارینوگراف)، همراه با مقادیر مختلفی از صمغ کربوکسی متیل سلولز به شکل ژل، در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد، به کار برده شد. تمام ترکیبات در مخلوط‌کن (مدل HR، هلند) با سرعت ۶۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه با هم مخلوط و خمیر حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) قرار داده شد، تا تخمیر عملی شود. بعد از تخمیر، خمیر حاصل به صورت چانه‌های ۴۰۰ گرمی تقسیم و به شکل کره‌هایی با دو انتهای مسطح درآمده و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۸ درجه سلسیوس انجام شد. بعد از آن، عملیات پخت در فر، حدود ۱۵ دقیقه در دمای ۲۲۰ درجه سلسیوس، ادامه یافت. نان حاصل پس از یک ساعت که برای خنک شدن در نظر گرفته شده بود، در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شد.

### اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های نان

حجم نمونه نان با استفاده از جابجایی دانه کلزا روش AACC شماره ۰۵-۱۰ اندازه‌گیری شد. بدین صورت که وزن ظرف مورد نظر، وزن ظرف و کلزا، وزن ظرف، نان و کلزا و وزن ظرف و آب اندازه‌گیری شد. سپس از طریق دانسیته کلزا، حجم آن و از اختلاف حجم کل و حجم کلزا، حجم نان به دست آمد. حجم ویژه نان از نسبت حجم نان به جرم آن با استفاده از روش AACC شماره ۵۰-۵۵ تعیین شد (Anon, 2008). ضخامت نان با استفاده از کولیس و قطر خارجی و قطر داخلی آن با کمک پرگار و خط‌کش اندازه‌گیری شد. فعالیت آبی با استفاده از روش AACC (Anon, 2000) با دستگاه سنجش واتراکتیویته (مدل TH500) سوئیس تعیین شد.

## تعیین افت وزن در مرحله پخت نان

جهت تعیین افت پخت، وزن چانه‌ها (۴۰۰ گرم) و وزن نان‌های حاصل، پس از پخت و سرد کردن به مدت یک ساعت، اندازه‌گیری و با فرمول زیر، افت پخت نان محاسبه شد (Phimolsiripol et al., 2008).

$$(1) \quad 100 \times \frac{(\text{وزن نان پس پخت} - \text{وزن چانه نان})}{\text{وزن چانه نان}} = \text{افت پخت (درصد)}$$

## آزمون بیاتی نان

ویژگی‌های حسی نان با استفاده از روش AACC شماره A ۵۰-۳۳، توسط ده نفر (۵ نفر زن و ۵ نفر مرد) آموزش دیده، در مقایسه با نان شاهد، سنجیده شد. نمونه‌های مورد آزمایش و نان شاهد تازه و نگهداری شده، در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت، در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شد. نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد با امتیازدهی (از ۱ تا ۵) مورد سنجش قرار گرفتند. به گونه‌ای که ماکزیمم امتیاز به یکی از نمونه‌های مورد

سنجش، با بهترین ویژگی تعلق گرفت (Watts et al., 1989).

## آنالیز آماری

در این تحقیق جهت تحلیل نتایج، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل سایر داده‌ها از روش آنالیز واریانس<sup>۱</sup>، و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. کلیه آزمون‌ها در ۳ تکرار و با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

در جدول ۱ ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم ارائه شده است. با توجه به ویژگی‌های شیمیایی ارزیابی شده در آرد گندم، مشخص شد که میزان پروتئین در نمونه آرد، در حد مطلوبی است و سایر فاکتورهای اندازه‌گیری شده نیز در محدوده استاندارد قرار داشتند.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم

ویژگی‌ها	آرد گندم
رطوبت (درصد)	۱۳/۶۵±۰/۳
پروتئین (درصد)	۱۲/۵±۰/۱
خاکستر (درصد)	۰/۶۹۳±۰/۰۲۱
خاکستر انحلال‌ناپذیر (درصد)	۰/۳±۰/۰۱
گلوتن مرطوب (درصد)	۳۲/۰۶±۰/۹۵
شاخص گلوتن	۶۲/۱۶±۰/۷۶
pH	۶±۰/۶
اسیدیته	۲/۱±۰/۱
عدد فالینگ (s)	۳۵۱±۰/۴۲

شاهد شد. این ویژگی به آب‌دوست بودن هیدروکلئید و تشکیل پیوندهای هیدروژنی، با مولکول‌های آب نسبت داده می‌شود. همچنین با افزایش سطوح کربوکسی‌متیل سلولز، به دلیل افزایش در تعداد گروه‌های هیدروکسیل و تشکیل پیوندهای هیدروژنی

## آزمون فارینوگرافی خمیر

نتایج مربوط به تاثیر کربوکسی‌متیل سلولز بر ویژگی‌های فارینوگرافی در جدول ۲ ارائه شده است. افزودن کربوکسی‌متیل سلولز باعث افزایش معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) میزان جذب آب خمیر، نسبت به خمیر

با افزودن کربوکسی متیل سلولز به آرد در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد، زمان لازم برای رسیدن خمیر به حداکثر قوام خود، نسبت به خمیر فاقد کربوکسی متیل سلولز، به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج حاصل با نتایج به دست آمده از تحقیقات اسمیتا و همکاران (Smitha et al., 2008) و کلار و همکاران (Collar et al., 1999) مشابهت دارد. پهنای منحنی با افزایش سطوح هیدروکلئید، کاهش یافت. پهنای منحنی فارینوگرافی نمایانگر دو فاکتور چسبندگی و الاستیسیته است. با توجه به مطالب ذکر شده و منحنی‌های شکل ۱، سطح ۱/۵ و ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز به ترتیب کمترین و بیشترین اثر مثبت را بر منحنی فارینوگرافی دارند. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات لازاریدو و همکاران (Lazaridou et al., 2007) در زمینه افزودن هیدروکلئیدهای آگاروز، زانتان، کربوکسی متیل سلولز و پکتین به خمیر نان گندم همخوانی دارد.

بیشتر با مولکول‌های آب، جذب آب در تیمارها به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) افزایش یافت. اسمیتا و همکاران (Smitha et al., 2008) و مؤیدی (Moayedi, 2010) نیز با افزودن هیدروکلئید نتایج مشابهی در خصوص جذب آب به دست آوردند.

با افزودن کربوکسی متیل سلولز هیچ تغییر معنی‌داری (p<۰/۰۵) در مدت زمان ورود خمیرهای حاوی ۰/۵ و ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز نسبت به خمیر شاهد مشاهده نشد. ولی در سطح ۱/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز، مدت زمان ورود خمیر، نسبت به دو تیمار ۰/۵ و ۱ درصد به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) افزایش یافت که دلیل آن آب‌دوست بودن هیدروکلئید است. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات روسل و همکاران (Rosell et al., 2001) و اسمیتا و همکاران (Smitha et al., 2008) در خصوص افزودن برخی هیدروکلئیدها به خمیر آرد گندم، همخوانی دارد.

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف صمغ کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم

نمونه‌ها	آرد شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد
جذب آب (میلی لیتر)	۲۶/۱ ± ۰/۱۵d	۲۷/۵ ± ۰/۱ c	۳۰/۵ ± ۰/۱ b	۳۲/۲ ± ۰/۱ a
زمان ورود به خط ۵۰۰ برابندر (دقیقه)	۰/۷۵ ± ۰/۰۱ b	۰/۷۵ ± ۰/۰۱ b	۰/۷۵ ± ۰/۰۱ b	۱/۵ ± ۰/۱a
زمان گسترش (دقیقه)	۱/۵ ± ۰/۱b	۱/۷۵ ± ۰/۰۱b	۱/۷۵ ± ۰/۰۱b	۴/۲۵ ± ۰/۰۱a
مقاومت (دقیقه)	۴ ± ۰/۱d	۵/۲۵ ± ۰/۰۱c	۱۲/۷۵ ± ۰/۲۵b	۱۳/۵ ± ۰/۲۵a
زمان ترک (دقیقه)	۴/۷۵ ± ۰/۰۱d	۶ ± ۰/۱c	۱۳/۵ ± ۰/۱ b	۱۴/۵ ± ۰/۱a
نرم شدن بعد از ۱۰ دقیقه (درجه برابندر)	۲۲ ± ۱ b	۴۰ ± ۱ a	۴ ± ۰/۰c	۳/۳ ± ۰/۳۶d
نرم شدن بعد از ۲۰ دقیقه (درجه برابندر)	۶۰ ± ۱a	۶۰ ± ۱a	۳۰ ± ۱b	۲۷ ± ۱c
شاخص تحمل به اختلاط (درجه برابندر)	۸۰ ± ۰/۰a	۷۵ ± ۱b	۲۰ ± ۱c	۲۰ ± ۱c
زمان شکست (دقیقه)	۲/۷۵ ± ۰/۰d	۶/۲۵ ± ۰/۰۱c	۱۳/۲۵ ± ۰/۰۱b	۱۴/۵ ± ۱a
والریمتری	۴۶ ± ۱d	۵۲ ± ۱c	۶۷ ± ۰/۱۳b	۶۸ ± ۰/۲۴a

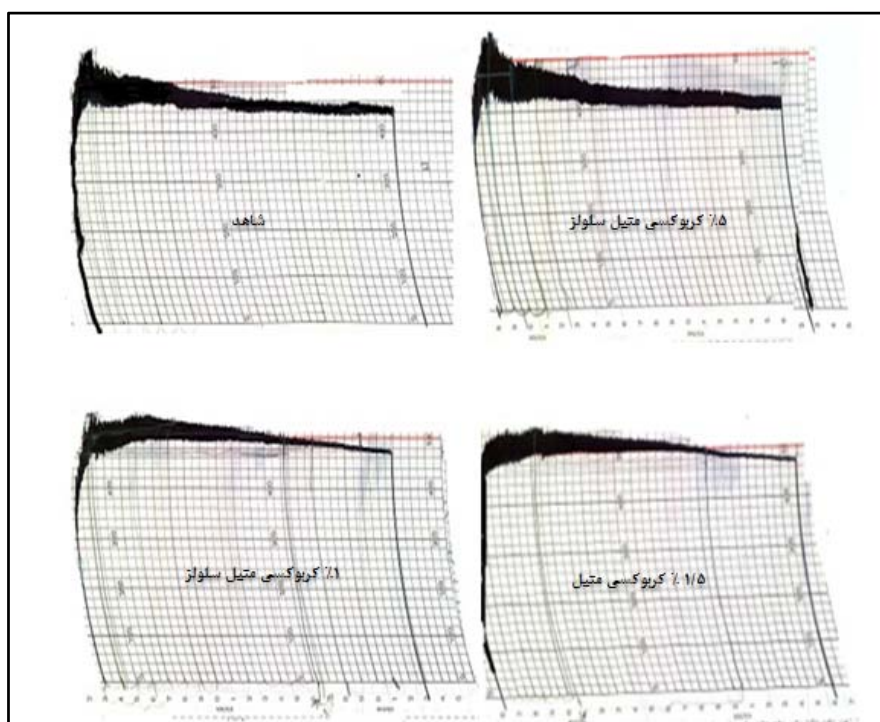
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

در مقایسه تیمارها با هم، تفاوت معنی‌داری در افزایش مقاومت ناشی از افزودن بیشتر هیدروکلئید مشاهده می‌شود. علت افزایش قوام خمیر حاوی هیدروکلئیدها احتمالاً تشکیل کمپلکس بین هیدروکلئید با پروتئین گلوتن است.

افزودن ژل کربوکسی متیل سلولز در سطوح گفته شده، باعث افزایش معنی‌داری در ثبات و قوام خمیر نسبت به خمیر شاهد می‌شود، بنابراین کمترین مقاومت خمیر در نمونه شاهد و بیشترین آن در نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز مشاهده می‌شود.

معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در زمان ورود و به همان نسبت ثبات و قوام خمیر نسبت به خمیر شاهد می‌شود؛ بنابراین، کمترین میزان زمان ترک در نمونه شاهد و بیشترین آن در نمونه حاوی ۱/۵ درصد ژل کربوکسی‌متیل سلولوز مشاهده شد. در مقایسه تیمارها با هم، افزایش معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در زمان ترک مشاهده می‌شود.

اسمیتا و همکاران (Smitha *et al.*, 2008)، بوت و همکاران (Butt *et al.*, 2001)، لازاریدو و همکاران (Lazaridou *et al.*, 2007)، و مؤیدی (Moayedi, 2010) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. بالا بودن فاکتور زمان ترک، نمایانگر قوی بودن آرد است. افزودن کربوکسی‌متیل سلولوز در سطوح ذکر شده، باعث افزایش



شکل ۱- تأثیر ژل کربوکسی‌متیل سلولوز بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر آرد گندم

بین نمونه شاهد و تیمار ۰/۵ درصد و همچنین بین دو تیمار ۱ و ۱/۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اسمیتا و همکاران (Smitha *et al.*, 2008) نیز نتایج مشابه گزارش داده‌اند. شاخص تحمل به اختلاط، در آرد با کیفیت پایین است. این فاکتور، با کیفیت آرد نسبت عکس دارد. در این پژوهش با افزودن کربوکسی‌متیل سلولوز در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد به آرد، شاخص تحمل به اختلاط خمیر، نسبت به خمیر شاهد، به طور معنی‌دار پایین آمد و با افزایش سطوح ژل، میزان شاخص تحمل به اختلاط خمیر به طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) کاهش یافت.

درجه سست شدن رابطه‌ای مستقیم با ضعیف بودن آرد دارد. افزودن کربوکسی‌متیل سلولوز در سطوح ۱ و ۱/۵ درصد باعث افزایش معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در مقاومت خمیر نسبت به خمیر شاهد شد و به همان نسبت، درجه سستی خمیرهای حاوی این صمغ در مقایسه با خمیر شاهد دارای کاهش معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) بود. بنابراین، بیشترین درجه سستی به نمونه شاهد و کمترین آن به نمونه حاوی ۱/۵ درصد ژل کربوکسی‌متیل سلولوز تعلق گرفت. همچنین بعد از ۲۰ دقیقه، با افزایش سطح کربوکسی‌متیل سلولوز از ۰/۵ به ۱ درصد، درجه سستی به طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) کاهش یافت. در حالی که

می‌شود. این امر به دلیل جذب بیشتر آب توسط هیدروکلئید مورد نظر و کاهش تبخیر آب در حین پخت یا به عبارتی افزایش رطوبت نهایی در نمونه‌های حاوی ژل است.

### نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های تکنولوژیکی نان

نتایج حاصل از بررسی تأثیر ژل کربوکسی متیل سلولز در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد بر ویژگی‌های تکنولوژیکی نان از جمله ضخامت لبه و میانی نان، وزن، قطرهای داخلی و خارجی، حجم و حجم ویژه نان در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

با توجه به نتایج جدول ۳، با افزودن کربوکسی متیل سلولز به فرمولاسیون خمیر نان بربری، میزان ضخامت لبه در سطوح مختلف کربوکسی متیل سلولز تغییری نمی‌کند و نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری حاصل نمی‌شود، اما میزان ضخامت میانی افزایش می‌یابد. در مقایسه تیمارها با هم، اختلاف معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) مشاهده نمی‌شود، ولی در مقایسه تیمارها با نمونه شاهد، در سطوح ۰/۵ و ۱/۵ درصد اختلاف معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) دیده می‌شود. گواردا و همکاران (Guarda et al., 2004) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

با افزودن ژل کربوکسی متیل سلولز به فرمولاسیون، قطر خارجی در سطوح مختلف، نسبت به نمونه شاهد، افزایش معنی‌داری به دست می‌دهد. در مقایسه تیمارها با هم، با افزایش ژل کربوکسی متیل سلولز از ۰/۵ به ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) حاصل نمی‌شود. قطر داخلی نیز با افزایش سطح ژل، نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد و در مقایسه تیمارها با هم، تفاوت معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در سطوح مختلف به دست می‌آید. گواردا و همکاران (Guarda et al., 2004) و مؤیدی (Moayedi, 2010) نیز در تحقیقات خود به نتایج

زمان شکست عبارت است از مدت زمانی که طی آن مرکز منحنی به اندازه ۳۰ واحد برابندر از خط مورد نظر فاصله می‌گیرد. در این پژوهش با افزودن ژل کربوکسی متیل سلولز، مدت زمان شکست افزایش یافت. افزودن کربوکسی متیل سلولز باعث افزایش عدد کیفی فارینوگراف (والوریمتری) شد، این افزایش معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) در تمامی سطوح مورد بررسی در مقایسه با خمیر شاهد مشاهده شد. همچنین در مقایسه تیمارها با هم مشاهده شد که با افزایش مقدار کربوکسی متیل سلولز، مقدار عدد کیفی افزایش می‌یابد. بنابراین کمترین میزان این فاکتور به نمونه شاهد و بیشترین مقدار آن به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز تعلق گرفت. مؤیدی (Moayedi, 2010) و اسمیتا و همکاران (Smitha et al., 2008)، نیز نتایج مشابهی با تأثیر برخی هیدروکلئیدها بر نان، به دست آوردند.

### نتایج تعیین افت وزن در مرحله پخت نان

افت پخت نمایانگر کاهش وزن در اثر پخت یا به عبارتی تبخیر آب در نان است که این فاکتور از نظر اقتصادی اهمیت دارد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که میانگین وزن نان‌های شاهد بعد از پخت و سرد شدن برابر ۲۹۴/۴۵۸ گرم به دست آمد و با توجه به وزن چانه‌ها (۴۰۰ گرم)، میزان افت پخت نان‌های شاهد ۱۰۵/۵۴۲ گرم یا به عبارتی ۲۶/۳۸ درصد است. در مورد نان حاوی سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز، میانگین اختلاف وزن چانه‌ها به ترتیب ۶۵/۵۹۱، ۵۱/۰۱۷ و ۴۲/۷۹۲ و افت پخت نان‌های حاوی سطوح مختلف ژل به ترتیب ۱۶/۹۳۷، ۱۲/۷۵۴ و ۱۰/۶۹۸ است که نشان می‌دهد نان حاوی ژل نسبت به نان شاهد افت کمتر داشته است. در نان حاوی سطوح مختلف هیدروکلئید (۰/۵، ۱ و ۱/۵) با افزایش میزان صمغ، افت وزن کاهش می‌یابد و وزن نهایی نان بیشتر

مشابهی رسیدند. با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون خمیر، وزن نان‌ها در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد نسبت به نمونه شاهد، به طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) افزایش می‌یابد (جدول ۴). دلیل این اختلاف مربوط به ظرفیت جذب آب هیدروکلوئید و رسیدند.

جلوگیری از افت وزن نان‌ها در اثر تبخیر در حین پخت است. در مقایسه تیمارها با هم، با افزایش مقدار ژل، افزایش معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در وزن تیمارها مشاهده می‌شود. مؤیدی (Moayedi, 2010) و الم و همکاران (Alam *et al.*, 2009) در تحقیقات خود به همین نتایج رسیدند.

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف صمغ کربوکسی متیل سلولز بر ابعاد نان

نوع نان	ضخامت لبه نان (سانتی‌متر)	ضخامت میانی نان (سانتی‌متر)	قطر خارجی (سانتی‌متر)	قطر داخلی (سانتی‌متر)
شاهد	۰/۴۱۶۷±۰/۰۷ a	۱/۴±۰/۱ b	۴۰/۶۶±۰/۵۷ d	۳۴/۶۶±۱/۵۲ d
۰/۵ درصد	۰/۵±۰/۱ a	۲/۲۳±۰/۱۵ a	۴۵/۳۳±۰/۵۷ b	۴۳/۳۳±۱/۱۱ b
۱ درصد	۰/۴۵±۰/۳۶ a	۲/۰۳±۰/۲۵ a	۴۴/۰۶±۱/۱۱ c	۴۲/۳۳±۰/۵۷ c
۱/۵ درصد	۰/۶±۰/۱ a	۲/۳۳±۰/۳ a	۵۰/۲۱±۲/۰۱ a	۴۵/۱۴±۰/۱۳ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف ژل کربوکسی متیل سلولز بر برخی خصوصیات فیزیکی نان

نوع نان	وزن (گرم)	حجم (سانتی متر مکعب)	حجم ویژه (سانتی متر مکعب/گرم)
شاهد	۲۹۴/۴۵۸±۱/۳۷ d	۵۴۱/۱۱±۱ c	۲/۲۶±۰/۰۲ b
۰/۵ درصد	۲۷۲/۰۳±۳/۴ c	۸۰۷/۶۷±۹/۰۱ b	۲/۳۱±۰/۱۷۶ b
۱ درصد	۳۵۱/۶۴±۰/۸۵ b	۸۰۷/۸۳±۵/۰۱ b	۲/۲۹±۰/۰۷ b
۱/۵ درصد	۴۴۲/۶۷±۲/۵۱ a	۱۰۰۲/۴±۷/۲ a	۳/۶±۰/۰۴ a

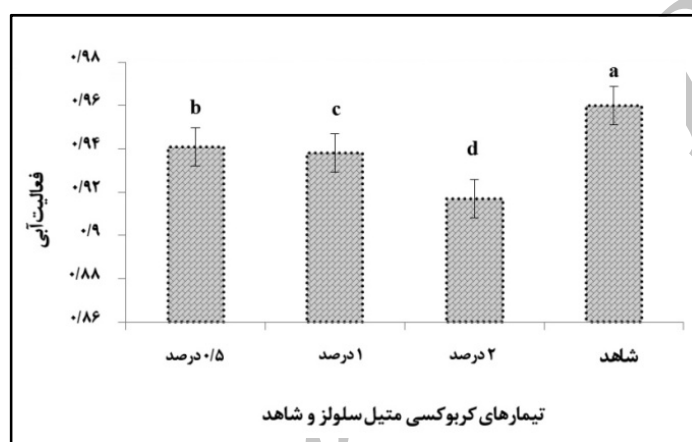
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نمونه شاهد، افزایش معنی‌داری در حجم ویژه مشاهده شد. این افزایش حجم احتمالاً به دلیل افزایش پایداری در سطح مشترک مجموعه سلول‌های گازی به هنگام پخت است که توانایی نگهداری گاز در آن‌ها را افزایش داد و به بهبود و به عبارتی افزایش حجم و حجم ویژه نان انجامید. نتیجه این تحقیق موافق با برخی از نتایج تحقیقات گواردا و همکاران (Guarda *et al.*, 2004)، روسل و همکاران (Rossel *et al.*, 2007)، متلر و سیبل (Mettler & Seibel, 1993) و پوراسماعیل (Pouresmaeel, 2009) است.

با افزودن ژل کربوکسی متیل سلولز به فرمولاسیون، حجم تیمارهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد نسبت به نمونه شاهد، افزایش معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) پیدا کرد. در مقایسه تیمارها با هم، با افزایش میزان ژل از سطح ۰/۵ به ۱ درصد، تفاوت معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) دیده نشد ولی در سطح ۱/۵ درصد تفاوت معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) نسبت به دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد، حاصل شد. با افزایش سطح کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون نان بربری، در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد، تغییرات چشم‌گیر و معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در حجم ویژه تیمارها مشاهده نشد. ولی در سطح ۱/۵ درصد نسبت به دو تیمار مذکور و



بیشترین و تیمار ۱/۵ درصد کمترین مقدار فعالیت آبی را به خود نشان می‌دهند. این ویژگی هیدروکلونید، به دلیل قدرت جذب آب و نگهداری بیشتر آن است که به کاهش فعالیت آبی در نان انجامید. این عملکرد هیدروکلونید، به افزایش طول عمر نان منتهی شد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج برخی محققین (Ghoreishi *et al.*, 2011) همخوانی دارد.



شکل ۲- مقایسه فعالیت آبی نمونه‌های حاوی ژل کربوکسی متیل سلولز و نمونه شاهد

گواردا و همکاران (Guarda *et al.*, 2004) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی رسیدند. ویژگی‌های داخلی نان، از جمله رنگ، عطر و بو، طعم و مزه، و ویژگی‌های بافت مغز نان با افزایش سطح کربوکسی متیل سلولز، امتیاز کمتری کسب کردند. کاهش امتیاز مربوط به ویژگی‌های ظاهری نان‌ها (رنگ، ویژگی پوسته، شکستگی و پارگی) مشابه با نتایجی است که شالینی و لاکسمی (Shalini & Laxmi, 2007) و مؤیدی (Moayedi, 2010) در تحقیقات خود به دست آوردند. قابلیت جویده شدن و تردی نان با افزایش سطح کربوکسی متیل سلولز، بهبود می‌یابد که با نتایج بررسی‌های گواردا و همکاران (Guarda *et al.*, 2004) مطابقت دارد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌های ارزیابی ویژگی‌های نان، مشخص شد که نان حاوی ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز بیشترین امتیاز یا به عبارتی بهترین کیفیت حسی را دارد.

## نتایج اندازه‌گیری فعالیت آبی نان حاوی کربوکسی متیل سلولز

تأثیر ژل کربوکسی متیل سلولز در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد بر فعالیت آبی و خصوصیات کیفی و ماندگاری نان بربری اندازه‌گیری شد (شکل ۲). همان‌طور که نتایج نشان داد با افزایش مقدار ژل کربوکسی متیل سلولز، مقدار فعالیت آبی کاهش یافت، به گونه‌ای که نمونه شاهد

## نتایج ارزیابی کلی نان

ارزیابی حسی نان‌ها شامل بررسی تأثیر ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد هیدروکلونید کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های خارجی و داخلی نان بررسی شد. جدول ۵ نشان می‌دهد که از بین ویژگی‌های خارجی نان، پوسته و رنگ تنها فاکتورهایی بودند که تحت تأثیر ژل کربوکسی متیل سلولز کاهش یافته ولی سایر فاکتورها از جمله حجم، تناسب شکل و مقاومت به شکستگی و پارگی نان بهبود یافتند. رنگ پوسته و مغز نان با افزایش سطح ژل کربوکسی متیل سلولز کاهش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات مؤیدی (Moayedi, 2010)، و کوهاجدوا و کاروویکوا (Kohajdova & Karovicova, 2008) همخوانی ندارد. شکل نان متناسب با غلظت‌های متفاوت ژل کربوکسی متیل سلولز، تغییر می‌کند. با افزایش سطح هیدروکلونید، نسبت قطر به ضخامت افزایش یافت که

جدول ۵- امتیازدهی به نان نیمه حجیم تازه پخت شده بر مبنای ارزیابی ویژگی‌های خارجی و داخلی

شاهد	امتیاز سطوح تیمارهای حاوی کربوکسی متیل سلولز			ویژگی
	۱/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	
مجموع امتیاز ویژگی‌های خارجی نان نیمه حجیم تازه				
۲	۴	۳/۵	۳	حجم
۲/۵	۳	۴	۴/۵	رنگ پوسته
۲	۴/۵	۴	۳/۵	تناسب شکل
۱/۵	۳/۵	۳/۵	۴	ویژگی پوسته
۲	۴	۳/۵	۳	مقاومت به شکستگی و پارگی
۱۰	۱۹	۱۸/۵	۱۸	جمع امتیاز خارجی
مجموع امتیاز ویژگی‌های داخلی نان نیمه حجیم تازه				
۳	۴	۳	۴/۵	رنگ مغز نان
۲/۵	۲	۳/۵	۴/۵	عطر و بو
۲/۵	۴	۴	۴/۶	طعم و مزه
۲/۵	۳/۵	۳	۳/۵	قابلیت جویده شدن
۲	۳	۳/۵	۴/۵	ویژگی‌های بافت مغز نان
۱۲/۵	۱۵/۵	۱۷	۲۱/۶	جمع امتیاز داخلی

### نتیجه‌گیری

مربوط به ویژگی‌های خارجی و داخلی نان بربری حاوی سطوح متفاوت کربوکسی متیل سلولز در مقایسه با نان شاهد، مشخص شد که تیمار ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز بیشترین قابلیت پذیرش را نزد داوران چشایی داشت و به عبارتی دیگر بیشترین امتیاز را دارد.

### قدردانی

انجام این تحقیق بدون یاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر شهرستان کرج (آزمایشگاه شیمی غلات)، شرکت گل پودر استان گلستان (آقایان مهندس رفاهی و دکتر پاکدل)، و کارخانه آرد زاهدی استان گلستان (آقای مهندس زاهدی) امکان‌پذیر نبود، که کمال تشکر و قدردانی را از آن‌ها داریم.

نتایج حاصل از آزمون‌های مختلف نشان می‌دهد که با افزودن ژل کربوکسی متیل سلولز به میزان ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد به فرمولاسیون خمیر، ظرفیت جذب آب، مقاومت خمیر به تغییر شکل، زمان شکست خمیر و زمان ترک خط ۵۰۰ برابندر خمیر افزایش، ولی شاخص تحمل به اختلاط خمیر و درجه سست شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش می‌یابد. افزودن ژل کربوکسی متیل سلولز منجر به افزایش حجم و حجم ویژه نان‌ها می‌شود.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که افزودن هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز موجب بهبود کیفیت و کاهش فعالیت آبی نان می‌شود؛ در این میان تیمار ۱/۵ درصد کمترین فعالیت آبی را به دست می‌دهد. با محاسبه مجموع امتیازهای کسب شده

### مراجع

- Ahmadi-Gavilighi, H., Azizi, M. H., Barzegar, M. and Arab-Ameri, M. 2006. Effect of selected Hydrocolloid on bread staling as evaluated by DSC and XRD. J. Food Technol. 4, 185-188.
- Alam, F., Siddiqui, A., Lutfi, Z. and Hasnain, A. 2009. Effect of different hydrocolloids on gelatinization behavior of hard wheat flour. Trakia J. Sci. 7, 1-6.

- Anon, 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 02-51, 08-01, 10-05, 33-50, 38-12A, 44-16, 46-16, 54-21, 55-50. American Association of Cereal Chemists (AACC).
- Anon, 2008. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 56-81B. American Association of Cereal Chemists (AACC).
- 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. Agric. Biol.* 3, 482-483.
- Chinachoti, P. and Vodovotz, Y. 2001. Bread Staling. CRC Press. New York.
- Collar, C., Andreu, P., Martinez, J. C. and Armeo, E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food Hydrocolloid.* 13, 467-475.
- Fatemi, H. 2005. Food Science Chemistry. Sahami Company Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Ghoreishi-Rad, S. M., Ghanbarzadeh, B. and Ghiassi-Tarzi, B. 2011. The effects of hydrocolloids (guar & carrageenan) on physical and sensory properties of barbary bread. *Food Sci. Nutr.* 8, 25-37. (in Farsi)
- Gray, J. A. and Bemiller, J. N. 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety.* 2(1): 1-21.
- Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloid as bread improvers and antistaling agent. *Food Hydrocolloid.* 18, 241-247.
- Kohajdova, Z. and Karovicova, J. 2008. Influence of hydrocolloids on quality of baked goods. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 7(2): 43-49.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J. Food Eng.* 79, 1033-1047.
- Mettler, E. and Seible, W. 1993. Effect of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: a response surface methodology study. *Cereal Chem.* 70(4): 373-377.
- Moayedi, S. 2010. Effect of gum tragacanth on rheological properties of wheat flour dough and quality parameters of French baguette bread. M. Sc. Thesis. Food Science and Technology College. Faculty of Agriculture and Natural Resource. Gorgan University. Gorgan. Iran. (in Farsi)
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V. and Cleland, D. J. 2008. Effects of freezing and temperature fluctuation during frozen storage on frozen dough and bread quality. *J. Food Eng.* 84(1): 48-56.
- Pouresmaeel, A. 2009. Formulation and product of free-gluten prebiotic bread with using of transglutaminase and guar and xanthan hydrocolloids. M. Sc. Thesis. College of Agriculture. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Rosell, C. M. and Foegeding, A. 2007. Interaction of hydroxypropylmethylcellulose with gluten proteins: small deformation properties during thermal treatment. *Food Hydrocolloid.* 21, 1092-1100.
- Rosell, C. M., Rojas, J. A. and Benedito, B. D. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloid.* 15, 75-81.
- Shalini, G. K. and Laxmi, A. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of Chapatti (Indian unleavened Flat bread). *Food Hydrocolloid.* 21, 110-117.
- Smitha, S., Jyotsna, R., Khyrunnisa, B. and Indrani, D. 2008. Effect of hydrocolloids on rheological, microstructural and quality characteristics of parota-an unleavened Indian flat bread. *J. Texture Stud.* 39(3): 267-283.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E. and Elias, L. G. 1989. Basics Sensory Methods for Food Evaluation. The International Development Research Centre (IDRC). Ottawa. Canada.

## **Effect of Carboxymethylcellulose Gel on Properties of Wheat Flour Dough and Barbari Bread**

**M. Soleimanifard, M. Alami, F. Khodaiyan-Chegeni\* and G. Najafian**

\* Corresponding Author: Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: khodaiyan@ut.ac.ir

Received: 25 February 2012, Accepted: 16 June 2012

This study determined the effects of carboxymethylcellulose gel on rheological properties of bread dough, quality parameters for Barbari bread (volume, specific volume, hardness and softness of texture, cooking loss, water activity), and sensory properties of fresh bread. Hydrocolloid carboxymethylcellulose (CMC) was added at 0.5%, 1%, 1.5% w/w (flour basis) to wheat flour. A farinograph was used for rheological measurement of the dough and showed that the addition of gum CMC increased water retention capacity, arrival time, dough development time, dough stability, departure time, and time to breakdown. The values for these properties increased as the amount of gum CMC increased. The degree of softening of the dough after 10 and 20 min and the mixing tolerance index decreased in comparison with the control sample with the addition of gum CMC. The addition of gum CMC decreased water activity. Evaluation of the technical parameters of bread showed that adding 1.5% gum CMC increased volume and specific volume. The 1.5% addition also improved rheological properties, but the most desirable amount of gum CMC for different aspects of quality was the 0.5% level.

**Keywords:** Bread quality, Carboxymethylcellulose gel, Dough rheology, Sensory analysis, Staling