مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۳ (ص ۳۶-۳۱)

تأثیر صمغ‌های گوار و کربوکسی‌متیل سلولز بر ویژگی‌های شیمیایی، رئولوژیکی، ارگانولپتیکی، و بیاتی نان چاپاتی

سارا موحد[1]* ، حسین احمدی چناربن[2] و مهرماه وفائی[3]

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین-پیشوا، گروه علوم و صنایع غذایی، ورامین، ایران

۲. استادیار دانشگاه آزاداسلامی، واحد ورامین-پیشوا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ورامین، ایران

۳. کارشناس ارشد، دانشگاه آزاداسلامی، واحدورامین-پیشوا، گروه علوم و صنایع غذایی، ورامین، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۳- تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۱/۲۹)

چکیده

نان چاپاتی از پرمصرف‌ترین نان‌های کشورهای جنوب شرق آسیاست که به شکل تازه، بافتی نرم دارد، اما طی نگهداری کوتاه‌مدت، بافت آن سفت و بدون انعطاف می‌گردد. در این تحقیق تأثیر افزودن صمغ‌های گوار و کربوکسی‌متیل سلولز در دو غلظت ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد بر کیفیت نان چاپاتی مطالعه شد. براساس نتایج، استفاده از سطوح گوناگون صمغ‌ها ، سبب افزایش میزان رطوبت و خاکستر نمونه‌ها، بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی همچون جذب آب، زمان گسترش خمیر، افزایش پایداری خمیر، کاهش درجه سست‌شدن خمیر، و افزایش عدد والوریمتری و ویژگی‌های ارگانولپتیکی مانند مزه، رنگ پوسته، قابلیت جویدن، بافت، شکستگی و پارگی پوسته، و همچنین بهبود ویژگی‌هایی چون قابلیت کشش خمیر، عدد نسبت، و کاهش میزان بیاتی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد (فاقد صمغ) گردید و نمونه‌های دارای ۰/۵ درصد صمغ گوار به‌عنوان بهترین تیمار معرفی شدند.

کلیدواژگان: کربوکسی‌متیل سلولز، گوار، ویژگی‌های ارگانولپتیکی، ویژگی‌های رئولوژیکی، نان چاپاتی.

مقدمه

بررسی‌های سازمان FAO[1] نشان می‌دهد که مردم کشورهای خاورمیانه حدود ۷۰ درصد انرژی لازم روزانه خود را از نان و سایر فراورده‌های گندم تأمین می‌کنند. همچنین آمار نشان می‌دهد که بیش از ۳۰ درصد نان‌های سنتی تولیدشده به علت کیفیت نامطلوب، تبدیل به ضایعات می‌شوند (Armero & Collar, 1998). در زمان حاضر، نان در اشکال، طعم، و بافت‌های گوناگون و با استفاده از آردهای متفاوت تولید می‌شود. مصرف‌کننده نیز براساس ذائقه، سلیقه، و سنت‌های ملی خود به مصرف یک یا چند نوع نان تمایل دارد. تولید نان‌های نازک و مسطح در ایران تنوع بالایی دارد و از انواع جدید این نوع نان‌ها، نان چاپاتی است. نان مذکور، نانی مسطح، گرد، و تخمیرنشده با قطری معادل ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر است که در تولید آن از آرد کامل گندم، آب، نمک، و روغن استفاده می‌شود (Davidou *et al.*, 1996 ; Octtaviani & Weibiao, 2006). نان چاپاتی تازه طبخ‌شده، نرم، الاستیک، و منعطف است، اما نگهداری آن حتی برای چند ساعت در دمای اتاق، از تازگی آن می‌کاهد و تقریباً سفت و انعطاف‌ناپذیر می‌گردد (Raghavan, 1994).

هیدروکلوئیدها، جزء گروه‌های افزودنی هستند که به‌طور گسترده در صنایع غذایی به کار می‌روند. این ترکیبات که عموماً آن‌ها را صمغ می‌نامند، کربوهیدرات‌هایی با ساختمان پیچیده هستند که برای اصلاح بافت، کنترل کریستالیزاسیون، جلوگیری از آب‌انداختن محصول، افزایش پایداری فیزیکی، تشکیل فیلم، تولید ساختار ژل، افزایش قوام، قابلیت انعطاف‌پذیری، تشکیل بافت، و ایجاد چسبندگی در مواد غذایی مایع، نیمه‌مایع، و نیمه‌جامد استفاده می‌شوند (Armero & Collar, 1998). صمغ گوار نوعی گالاکتومانان بلندزنجیره است که از آندوسپرم گیاه "*Cyamopsis Tetragono Lobus*" به‌دست می‌آید. این صمغ از واحدهای $D-\beta$ – مانوپیرانوزیل تشکیل شده است که با پیوندهای ۴←۱ به یکدیگر وصل شده‌اند و این واحدها به‌صورت یک در میان به یک واحد D-گالاکتوپیرانوزیل با اتصالات (۶←۱) α متصل گردیده است (Belitz & Grosch, 1999). محلول صمغ گوار حتی در غلظت‌های کم، بسیار ویسکوز است، در نتیجه در ایجاد غلظت، پایدارسازی، و پیوند با آب در محصول می‌تواند مفید باشد؛ اما کاربرد آن در صنایع

* نویسندهٔ مسئول: movahhed@iauvaramin.ac.ir

1. Food and Agriculture Organization

پخت نان، به‌منظور بهبود اختلاط و افزایش عمر نگهداری نان است (Maier *et al*., 1993). درعین‌حال صمغ کربوکسی‌متیل سلولز از کاربردی‌ترین صمغ‌ها در صنایع غذایی است که بیشتر به فرم نمک سدیمی تولید می‌گردد و از دو واحد *D-Glucopyranose 2-O-(Carbonymethyl)-Monosodium β -salt β -DGlucose* تشکیل شده است که به‌وسیله باند گلوکوزیدی بتا (۴←۱) به هم متصل شده و به‌صورت غیر تصادفی در کل ماکرومولکول پخش شده است. از ویژگی‌های کاربردی صمغ مذکور غلظت‌دهندگی، امولسیون‌کنندگی، نگهدارندگی، و جذب‌کردن آب است (Asghar *et al*., 2005). Belitz & Grosch (1999) تأثیر افزودن کربوکسی‌متیل سلولز و گوار را در نان چاودار بررسی کردند. نتایج تحقیق، برتری خواص کیفی نان را در مقایسه با نان شاهد (فاقد صمغ) نشان داد. (Belitz & Grosch, 1999). Asghar *et al* (2005) تأثیر صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز را بر پایداری خمیر منجمد بررسی کردند. با توجه به نتایج، خواص کیفی نان‌ها در مقایسه با نان شاهد بهبود یافت. (Asghar *et al*., 2005). Roa (1985) خواص رئولوژیکی و کیفیت نان گندم حاوی صمغ گوار را بررسی کردند. تحقیقات نشان داد که افزودن صمغ مذکور سبب بهبود ویژگی‌های خمیر و کیفیت نان‌های حجیم تولیدشده می‌گردد (Roa, 1985). Guarda *et al* (2004) گزارش کردند که صمغ‌های HPMC، گوار، و پکتین تأثیرات مطلوبی در بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای آرد گندم دارد (Guarda *et al*., 2004). Mandala (2005) تأثیر افزودن صمغ گوار در خمیر منجمد را بررسی کرد. نتایج نشان داد که افزودن صمغ گوار در خمیر منجمد، سبب کاهش حجم مخصوص، خلل‌وفرج، و ایجاد پوسته لاستیکی با ضخامت کم نان می‌گردد (Mandala, 2005). براساس آن‌چه که گفته شد، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر افزودن سطوح گوناگون صمغ‌های گوار و کربوکسی‌متیل سلولز در کیفیت نان مسطح چاپاتی است.

مواد و روش‌ها

آرد کامل گندم از صنایع آرد ورامین، گوار از شرکت Sigma، کربوکسی‌متیل سلولز از شرکت DOW Chemical، و همچنین سایر مواد (نمک و روغن) از شرکت هدیه و بهشهر تهیه گردید. در کلیه آزمون‌ها، تیمار شاهد با کد G، تیمار حاوی ۰/۲۵ درصد گوار با کد G_1، تیمار حاوی ۰/۵ درصد گوار با کد G_2، تیمار حاوی ۰/۲۵ درصد کربوکسی‌متیل سلولز با کد G_3، تیمار حاوی ۰/۵ درصد کربوکسی‌متیل سلولز با کد G_4، تیمار حاوی ۰/۲۵ درصد گوار و ۰/۲۵درصد کربوکسی‌متیل سلولز با کد GC مشخص شدند.

آزمون‌های شیمیایی آرد گندم و نمونه های نان چاپاتی: آزمون‌های شیمیایی به‌عمل‌آمده بر آرد گندم کامل، شامل رطوبت (استاندارد AACC، شماره ۱۶-۴۴)، خاکستر (استاندارد AACC، شماره ۱-۸)، pH (استاندارد AACC، شماره ۲-۵۲)، عدد رسوبی (استاندارد AACC، شماره ۱۱۶)، گلوتن مرطوب (استاندارد ICC، شماره ۱۱-۳۸)، و پروتئین (استاندارد ICC، شماره ۱۲-۴۶) بود (AACC, 2000 ; ICC, 2000). همچنین آزمون‌های به‌عمل‌آمده روی نمونه‌های نان چاپاتی تولیدشده، شامل رطوبت و خاکستر بود که مطابق روش‌های استاندارد مذکور انجام گرفت (AACC, 2000).

تولید نان چاپاتی و چگونگی پخت آن: ابتدا مواد اولیه برای انجام فرایند پخت نان چاپاتی که شامل آرد کامل گندم، روغن، و نمک بود، تهیه گردید. به منظور تشکیل خمیر یک قرص نان چاپاتی، از۱۰۰گرم آرد گندم، ۱/۵گرم نمک، ۵ میلی‌لیتر روغن، و مقادیری آب که با دستگاه فارینوگراف اندازه‌گیری شد، استفاده گردید. همچنین برمبنای وزن آرد، مقداری بهبوددهنده (۰/۱ درصد) استفاده گردید. سپس صمغ گوار به مقدار ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد به آرد اضافه و پس از اختلاط کامل در مخلوط‌کن ریخته شد. درادامه، سایر ترکیبات (نمک، روغن، و آب) به مخلوط‌کن افزوده شد و هم‌زدن، ۵ دقیقه با سرعت ۸۰ دور در دقیقه ادامه یافت. خمیر تهیه‌شده در دمای اتاق (۲±۳۰ °C) به مدت ۳۰ دقیقه استراحت کرد و در پایان پس از تقسیم خمیر به چونه‌های ۲۵گرمی، در قطعاتی به قطر ۱۵cm و ضخامت تقریبی ۲ mm پهن گردیدند و برای پخت در فر صنعتی با دمای ۲۸۰ درجه سلسیوس، به مدت ۱دقیقه قرارگرفتند (Ghodke Shalini & Ananthanarayan, 2007).

آزمون‌های رئولوژیکی خمیر: به منظور تعیین برخی ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های خمیر شاهد و نیز خمیر حاوی صمغ‌ها، آزمون فارینوگراف (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره ۲۱-۵۴) و اکستنسوگراف (طبق استاندارد بین‌المللی AACC به شماره ۱۰-۵۴) انجام پذیرفت (AACC, 2000).

تعیین ویژگی‌های ارگانولپتیکی (حسی) نان‌های چاپاتی: به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی نان، از تجزیه و تحلیل خصوصیات نان با کاربرد حواس پنجگانه استفاده گردید. ارزیابی ارگانولپتیکی و دامنه انتخاب امتیازها برای هر صفت شامل عطر و بو (۰-۱۵)، طعم و مزه (۰-۱۵)، قابلیت جویدن (۰-۱۲)، بافت مغز (۰-۱۲)، شکستگی و پارگی (۰-۸)، حالت پوسته (۰-۶)،

یکنواختی پشت (۰-۱۲)، رنگ پوسته (۰-۱۵)، و تقارن (۰-۵) بود. بالابودن عدد برای هر صفت، نشان از مناسب‌بودن تیمار مذکور در مقایسه با سایر تیمارها داشت (Roa, 1985).

تعیین میزان بیاتی نان‌های چاپاتی به روش حسی: در تعیین میزان بیاتی نمونه‌های نان چاپاتی از روش حسی (استاندارد AACC، شماره ۳۰–۷۴) استفاده گردید. براساس استاندارد، دامنه انتخاب امتیاز برای صفت بیاتی (۰-۵) در نظر گرفته شد. بالابودن عدد، نشان از کم‌بودن میزان بیاتی تیمار مذکور در مقایسه با تیمار شاهد داشت. این آزمون در فاصله زمانی ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت پس از پخت نمونه‌ها انجام شد (AACC, 2000).

تجزیه و تحلیل آماری: برای انجام آزمایش از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم کامل استفاده‌شده در تولید نان چاپاتی، جدول ۲ نتایج آزمون فارینوگراف، جدول ۳ مقایسه میانگین حاصل از داده‌های آزمون شیمیایی، جدول ۴ مقایسه میانگین آزمون اکستنسوگراف، جدول ۵ ارزیابی ارگانولپتیکی، و جدول ۶ نتایج مقایسه میانگین میزان بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان چاپاتی را نشان می‌دهند.

جدول ۱. نتایج ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم کامل مصرفی در تولید نان چاپاتی

نوع ماده	رطوبت(درصد)	خاکستر(درصد)	پروتئین(درصد)	گلوتن مرطوب (درصد)	عدد رسوبی(**ml**)	pH
آرد کامل	۹/۸	۱/۴۱	۱۲	۲۸/۳۲	۲۳	۵/۸

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین آزمون فارینوگراف در نمونه‌های خمیر نان‌چاپاتی(حاوی صمغ و شاهد)

تیمار	میزان جذب آب (٪)	زمان گسترش خمیر (min)	زمان پایداری خمیر (min)	درجه سست‌شدن خمیر بعد از ۱۰ دقیقه (B.U)	درجه سست‌شدن خمیر بعد از ۱۲ دقیقه (B.U)	کیفیت فارینوگراف (والوریمتری)
G	۳۰/۵۸±۸/۱^{e}	۱/۷۵±۰/۲۱^{d}	۲/۷±۱/۱^{c}	۶۵±۱۰/۲^{a}	۹۰±۲۱/۱^{a}	۴۸±۱۱/۲^{c}
G_1	۱۰/۵۹±۷/۶^{d}	۱/۸±۰/۳۴^{d}	۳/۵±۱/۲^{b}	۶۵±۹/۳۱^{c}	۸۵±۱۵/۱^{ab}	۵۱±۸/۱^{b}
G_2	۵۹/۵۵±۸/۷^{c}	۴/۱۲±۱/۱^{a}	۵±۲/۱^{a}	۲۵±۸/۶^{d}	۷۷/۵±۱۲/۴^{b}	۵۶±۷/۳^{a}
G_3	۶۰/۴۵±۱۱^{b}	۲/۸۷±۰/۷^{b}	۳/۲۵±۱/۷^{bc}	۶۰±۸/۷^{a}	۸۵±۹/۴^{ab}	۵۱±۶/۷^{b}
G_4	۶۱/۵۵±۱۰^{a}	۲/۸۷±۱/۱^{b}	۳/۵±۱^{b}	۶۰±۹/۵^{a}	۸۵±۱۰/۴^{ab}	۵۱±۸/۴^{b}
GC	۶۰/۲۵±۱۲^{b}	۲/۶۲±۰/۲۵^{c}	۲/۷۵±۰/۷۴^{c}	۴۵±۸/۸^{b}	۷۷/۵±۱۰/۳^{b}	۵۱±۹/۱^{b}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمون شیمیایی در نمونه‌های نان چاپاتی حاوی صمغ و شاهد

تیمار	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)
G	۲۶/۹۲±۵/۱^{c}	۲/۱۶±۶/۲^{e}
G_1	۲۸/۳۸±۴/۶^{ab}	۲/۲۸±۷/۳^{c}
G_2	۲۸/۸۲±۵/۷^{a}	۲/۳۴±۵/۱^{b}
G_3	۲۸/۱۷±۶/۶^{ab}	۲/۲۱±۴/۶^{de}
G_4	۲۸/۶۲±۷/۲^{ab}	۲/۴۲±۷/۵^{a}
GC	۲۸/۳۸±۸/۳^{ab}	۲/۲۲±۶/۴^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین آزمون اکستنسوگراف در نمونه‌های خمیر نان چاپاتی (حاوی صمغ و شاهد)

	انرژی (مساحت زیر منحنی) (cm^2)			مقاومت به کشش (B.U)			قابلیت کشش خمیر(mm)			عدد نسبت		
تیمار	زمان تخمیر(min)			زمان تخمیر(min)			زمان تخمیر(min)			زمان تخمیر(min)		
	۴۵	۹۰	۱۳۵	۴۵	۹۰	۱۳۵	۴۵	۹۰	۱۳۵	۴۵	۹۰	۱۳۵
G	۴۶±۹^{d}	۴۲±۴/۵^{d}	۳۴/۴±۹/۷^{c}	۱۶۵±۱۱^{c}	۱۸۵±۱۰^{d}	۱۸۷±۱۰/۲^{d}	۱۵۵±۱۱^{a}	۱۴۳±۱۲/۹^{a}	۱۵۷/۵±۱۰/۴^{a}	۱/۰۷±۰/۱c	۱/۲۹±۰/۱d	۱/۳۴±۰/۱e
G_1	۶۰/۵±۸/۵^{b}	۵۴±۱۰/۸^{b}	۴۷/۳±۹^{a}	۲۵۰±۱۲^{a}	۲۶۰±۱۱^{b}	۲۷۵±۹/۸^{b}	۱۴۱/۵±۸/۶^{cd}	۱۲۹±۱۱/۶^{d}	۱۳۹/۵±۱۴/۳^{b}	۱/۷۴±۰/۱a	۲/۰۱±۰/۴b	۲/۲۳±۰/۱b
G_2	۶۶/۵±۹/۲^{a}	۶۰±۸/۷^{a}	۴۸/۵±۴/۲^{a}	۲۷۵±۱۳^{a}	۲۸۵/۵±۸/۵^{a}	۲۹۷±۱۱/۷^{a}	۱۴۶/۵±۱۳^{bc}	۱۲۹±۹^{d}	۱۱۳/۵±۹/۸^{d}	۱/۷۳±۰/۱a	۲/۲۰±۰/۱a	۲/۶±۰/۲a
G_3	۳۸±۹^{c}	۴۵±۸/۶^{c}	۳۸/۵±۷/۶^{b}	۱۹۰±۱۰^{b}	۲۱۵±۱۲/۴^{c}	۱۹۷±۹^{c}	۱۵۱±۹^{b}	۱۳۲±۱۰/۹^{c}	۱۳۶±۱۲/۸^{b}	۱/۲۵±۰/۲b	۱/۶۰±۰/۱c	۱/۴۳±۰/۳de
G_4	۶۵/۵±۹/۴^{a}	۶۲/۵±۱۰/۲^{a}	۴۷±۹/۸^{a}	۲۳۰±۹^{a}	۲۶۵±۱۴/۵^{b}	۲۷۵±۱۱/۴^{b}	۱۴۲±۱۰/۴^{cd}	۱۳۵±۱۲/۶^{b}	۱۲۳±۱۳/۷^{c}	۱/۶±۰/۳a	۱/۹۳±۰/۲b	۲/۱±۰/۲c
GC	۵۲±۹^{c}	۴۳±۸/۷^{cd}	۳۷±۶/۲^{c}	۱۹۰±۱۱^{b}	۲۱۵±۱۰/۴^{c}	۲۰۰±۱۲/۴^{c}	۱۴۰±۱۲/۵^{d}	۱۳۱±۹/۵^{cd}	۱۳۲±۱۴/۸^{c}	۱/۳۵±۰/۱b	۱/۶±۰/۲c	۱/۵۱±۰/۱d

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین ارزیابی ارگانولپتیکی نمونه‌های نان چاپاتی (حاوی صمغ و شاهد)

تیمار	عطر و بو	طعم و مزه	رنگ پوسته	قابلیت جویدن	بافت مغز	یکنواختی پخت	شکستگی و پارگی	حالت پوسته	تقارن
G	۶±۲/۷^{d}	۸±۲/۷^{d}	۸/۸±۲/۷^{c}	۸/۲±۲/۴^{e}	۸/۸±۲/۷^{e}	۸/۴±۲^{d}	۵/۴±۱/۱^{d}	۴/۴±۱/۲^{d}	۳/۴±۱^{d}
G_1	۷/۱±۱/۳^{b}	۸/۱±۲/۳^{c}	۹/۱±۱/۷^{a}	۹/۲±۱/۸^{b}	۹/۸±۱/۸^{c}	۹/۲±۱/۷^{b}	۵/۶±۱/۵^{b}	۴/۶±۲/۱^{b}	۳/۹±۱^{b}
G_2	۷/۳±۲/۵^{a}	۸/۸±۱/۸^{a}	۹/۱±۲/۶^{a}	۹/۶±۳/۲^{a}	۱۱/۲±۲^{a}	۹/۴±۲/۸^{a}	۵/۷±۲^{a}	۴/۸±۱/۴^{a}	۳/۶±۱/۵^{c}
G_3	۷/۱±۱/۴^{b}	۸/۴±۳^{b}	۸/۸±۲^{c}	۸/۴±۲^{d}	۱۰±۲/۶^{b}	۸/۷±۳/۱^{c}	۵/۵±۱/۷^{c}	۴/۵±۱/۴^{c}	۴/۲±۲/۲^{a}
G_4	۷±۲/۲^{c}	۸/۲±۲/۲^{c}	۸/۹±۱/۴^{b}	۸/۶±۲/۴^{c}	۹/۴±۱/۵^{d}	۸/۵±۲/۲^{d}	۵/۵±۱/۳^{c}	۴/۵±۲/۲^{c}	۳/۶±۱/۳^{c}
GC	۶/۸±۳/۱^{c}	۸/۴±۳/۱^{b}	۸/۸±۲/۵^{c}	۸/۶±۳/۲^{c}	۹±۱^{e}	۸/۶±۱/۸^{c}	۵/۷±۱/۲^{a}	۴/۶±۱/۴^{b}	۳/۵±۱/۱^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین میزان بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان چاپاتی

زمان (h)	تیمار					
	G	G_1	G_2	G_3	G_4	GC
۲۴	۲/۸۰±۰/۷^{d}	۴/۶۰±۱/۱^{b}	۳/۳±۰/۷^{a}	۳/۲۰±۱/۵^{c}	۳/۲۰±۱/۶^{c}	۳/۲۰±۰/۶^{c}
۴۸	۲/۴±۰/۸^{d}	۳/۲±۰/۲^{c}	۵±۱/۸^{a}	۴/۶±۱/۹^{b}	۴/۶±۱/۴^{b}	۴/۶±۲/۱^{b}
۷۲	۱/۲±۰/۱^{c}	۴±۱/۱^{ab}	۴/۶±۱/۲^{a}	۳/۶±۰/۹^{b}	۴/۲±۱/۵^{ab}	۴±۱/۳^{ab}

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Rosell *et al.* (2009) گزارش کردند که افزودن صمغ‌های گوار، کاراگینان، HPMC، آلژینات سدیم، و زانتان به فرمولاسیون نان‌های حجیم، سبب افزایش زمان گسترش خمیر آن‌ها می‌گردد. با توجه به جدول ۲ بیشترین زمان پایداری خمیر را تیمار G_2 و کمترین آن را تیمار شاهد داشتند (P<۰/۰۱). این بدان معنا است که صمغ‌های گوار و CMC مصرفی دراصلاح ساختار آرد و افزایش پایداری خمیر آن نقش داشته‌اند، به خصوص افزودن سطوح زیاد گوار سبب افزایش پایداری خمیر نان‌های چاپاتی گردید. این نتایج با تحقیقات Rosell *et al* (2009) مطابقت داشت. براساس ویژگی‌های فارینوگراف در ارزیابی خمیر، زمان پایداری خمیر بین ۰-۲ دقیقه کیفیت خیلی ضعیف، ۲-۴ دقیقه ضعیف، ۴-۷ دقیقه متوسط-قوی، ۷-۱۰ دقیقه قوی، و ۱۰-۱۵ دقیقه کیفیت خیلی قوی خمیر را نشان می‌دهد (Rosell *et al*., 2009). مطابق این ارزیابی، همه تیمارها به جز G_2 که دارای کیفیت متوسط-قوی بود، بقیه تیمارها کیفیت ضعیفی داشتند. افزون بر آن مطابق نتایج جدول ۲ مشخص گردید که از نظر درجه سست‌شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه، تیمار شاهد و سپس G_4 و G_3 بالاترین و تیمار G_2 کمترین مقدار را داشتند (P<۰/۰۱). نتایج نشان می‌دهد که افزودن صمغ‌ها سبب تقویت ساختار خمیر نسبت به شاهد و کاهش درجه سست‌شدن خمیر آن‌ها می‌گردد. دلیل ایجاد ساختار محکم خمیر و کاهش سست‌شدن آن را، ساختار افزودنی‌های مذکور و پیوند قوی آن‌ها با اجزای آرد گندم بیان کرده‌اند. می‌توان گفت بخش چربی‌دوست ترکیبات مذکور با بخش آب‌گریز پروتئین‌های گندم متصل می‌شود و با ایجاد بار منفی قوی در کمپلکس، به تراکم پروتئین‌ها و تقویت شبکه گلوتنی خمیر می‌انجامد. با توجه به جدول ۲ نتایج درجه سست‌شدن خمیر پس از ۱۲ دقیقه، با سست‌شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه تقریباً برابر بوده است به‌طوری که تیمار شاهد بیشترین امتیاز و تیمارهای G_2 و GC کمترین میزان این فاکتور را داشتند، ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها (به جز شاهد) در این صفت تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید (P<۰/۰۱). از مهمترین فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده در فارینوگراف، ارزش نانوایی یا والوریمتری آرد است. به این مفهوم که آرد استفاده‌شده تا چه اندازه قابلیت پخت و تولید نان را دارد، ضمن آنکه افزایش عدد والوریمتری دلیل بر بهبود خصوصیات رئولوژی خمیر نیز است. مطابق نتایج جدول ۲، بیشترین میزان والوریمتری را تیمار G_2 داشت که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین آن متعلق به تیمار شاهد بود (P<۰/۰۱). در همه نمونه‌های نان چاپاتی، که در آن‌ها از صمغ‌ها استفاده گردید، در مقایسه با نمونه شاهد، عدد والوریمتری افزایش یافت (P<۰/۰۱). نتایج حاصل از تحقیق با تحقیقات Rosell *et al* (2009) مطابقت نشان داد. با توجه به جدول ۳، با افزودن صمغ‌ها، میزان رطوبت نمونه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت و تیمار G_2 بیشترین میزان رطوبت و نمونه شاهد کمترین مقدار آن را داشتند (P<۰/۰۱). دلیل

افزایش رطوبت در نمونه‌های نان حاوی صمغ، بالابودن ظرفیت نگهداری آب به‌وسیله صمغ‌هاست.

Ghodke Shalini & Ananthanarayan (2009) در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن صمغ‌ها باعث افزایش محتوای رطوبتی نان تازه می‌گردد. درعین‌حال با توجه به جدول ۳، با افزودن صمغ‌ها، میزان خاکستر نمونه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد به‌گونه‌ای افزایش یافت که تیمار G_4 بیشترین میزان خاکستر و تفاوت معنی‌دار را با سایر تیمارها داشت و نمونه شاهد دارای کمترین مقدار آن بود. Ghodke Shalini & Ananthanarayan (2007) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که نان‌های حاوی صمغ، در مقایسه با نان‌های فاقد آن میزان خاکستر بیشتری دارند. درعین‌حال با توجه به نتایج جدول ۴، تیمار G_2 در زمان‌های تخمیری ۴۵ و ۱۳۵ دقیقه و تیمار G_4 در زمان تخمیری ۹۰ دقیقه بیشترین مقدار انرژی و تیمار شاهد کمترین مقدار این فاکتور را در هر سه بازه زمانی داشتند. افزون بر آن بین تیمارهای مذکور و شاهد در کل زمان‌های تخمیر تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P<۰/۰۱$). نتایج تحقیق نشان داد که افزودن صمغ‌های گوار و کربوکسی‌متیل سلولز می‌تواند سبب افزایش میزان انرژی خمیر در مقایسه با خمیر شاهد (فاقد صمغ) گردد. به نظر می‌رسد دلیل آن ایجاد کمپلکسی قوی بین نشاسته آرد و شبکه گلوتنی تقویت‌شده آن در حضور صمغ‌ها باشد که سبب استحکام و قوت خمیر و افزایش انرژی خمیر به‌منظور کشیدن آن می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات Rosell *et al.* (2009) مطابقت دارد. افزون بر آن نتایج مقایسه میانگین فاکتور مقاومت به کشش، نشان داد که همه تیمارها در هر سه بازه زمانی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۱$). به گونه‌ای که تیمار G_2 طی هر سه زمان‌های تخمیری ۴۵، ۹۰، و ۱۳۵ دقیقه بیشترین میزان مقاومت را به کشش، و تیمار شاهد کمترین مقدار این فاکتور را داشتند. نمونه‌های خمیر حاوی صمغ (CMC و گوار در هردو غلظت) در مقایسه با خمیر شاهد در برابر تغییرات و گذشت زمان ثبات بیشتر و بالاترین میزان مقاومت را در مقایسه با خمیر شاهد که فاقد هر دو صمغ بود، داشتند. همچنین با توجه به جدول ۴ بیشترین مقدار قابلیت کشش خمیر در هر سه زمان تخمیری ۴۵، ۹۰، و ۱۳۵ دقیقه را، تیمار شاهد داشت ($P<۰/۰۱$). درعین‌حال بین نمونه‌های حاوی صمغ در ۴۵ دقیقه، به‌ترتیب تیمارهای G_3، G_2، G_4، G_1، GC ، در ۹۰ دقیقه تیمارهای G_4، G_3، GC، G_1، و G_2 و در ۱۳۵ دقیقه تیمارهای G_4، GC، G_3، G_1 و G_2 دارای بیشترین مقدار صفت مذکور بودند. نتایج تحقیق با پژوهش‌های Rosell *et al* (2009) مطابقت داشت. طبق گزارش آن‌ها افزودن صمغ‌هایی چون گوار و HPMC سبب افزایش نسبی کشش‌پذیری خمیر می‌شود، ولی این افزایش در حد نمونه شاهد نیست. با توجه به جدول ۴ افزودن صمغ‌ها منجر به افزایش عدد نسبت گردید. بیشترین مقدار عدد نسبت در زمان تخمیری ۴۵ دقیقه را تیمار G_1 و سپس G_2 و در زمان‌های تخمیری ۱۳۵ و۹۰ دقیقه را تیمار G_2 داشت. با توجه به جدول ۵، تیمار G_2 بالاترین امتیاز عطر و بو را داشت و تفاوتی معنی‌دار با سایر تیمارها نشان داد اما تیمارهای G_1، G_3 و شاهد کمترین امتیاز در زمینه صفت مذکور را داشتند ($P<۰/۰۱$). بهبودی نسبی مشاهده‌شده عطر و بو درتیمار G_2 می‌تواند ناشی از عطر موجود در ساختار صمغ مصرفی باشد. Guarda *et al* (2004) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن صمغ‌ها باعث افزایش جزئی عطر و بو در نان‌های تولیدی می‌گردد. با توجه به جدول ۵، تیمارهای G_2 و شاهد از نظر صفت مزه به‌ترتیب بیشترین و کمترین امتیاز را داشتند. به‌طورکلی استفاده از مقادیر بیشتر صمغ گوار (۰/۵ درصد) در مقایسه با سایر سطوح تفکیکی و تجمیعی صمغ‌ها در تیمارها، نتایج بهتری داشت. علت آن است که براساس تقسیم‌بندی انواع صمغ‌ها با توجه به منبع استحصالی آن‌ها، صمغ گوار منشاء گیاهی دارد، بنابراین تیمارهای حاوی آن عطر و طعم بهتری در مقایسه با CMC که نوعی صمغ سنتزی است، داشتند. Guarda *et al* (2004) در تحقیقات خود نشان‌دادند که افزودن صمغ‌ها در بهبود مزه، عطر، وطعم نان‌ها تأثیرگذار است. از نظر رنگ پوسته، بیشترین امتیاز را تیمارهای G_1 و G_2 داشتند که اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها نشان دادند و سپس به‌ترتیب تیمارهای G_4، G_3، GC، و G قرار گرفتند. از نظر قابلیت جویدن، بالاترین امتیاز تیمار G_2 و کمترین آن تیمار شاهد بود ($P<۰/۰۱$). در واقع صفت قابلیت جویدن در نان چاپاتی حاوی صمغ‌ها در مقایسه با نان شاهد (فاقد هر دو صمغ) بهبود یافت. دلیل افزایش نسبی قابلیت جویدن در تیمار G_2، حضور گروه‌های OH و همچنین سایر گروه‌های آب‌دوست در صمغ‌های مصرفی دیگر بود که در افزایش جذب آب ، جلوگیری از مهاجرت آب به پوسته، جلوگیری از الاستیکی‌شدن، بهبود تردی، وافزایش قابلیت جویدن محصول نقش داشتند (Guarda *et al*., 2004). از نظر بافت بالاترین امتیاز تیمار G_2 و کمترین آن تیمار شاهد بود ($P<۰/۰۱$). می‌توان گفت مصرف سطوح گوناگون صمغ‌ها در بهبود بافت نان‌ها مؤثر بوده است . از نظر یکنواختی پخت، بیشترین امتیاز را تیمار G_2 و کمترین آن را تیمار شاهد داشت

(P<۰/۰۱). همچنین از نظر صفت شکستگی و پارگی، بیشترین امتیاز تیمار G_2 و GC بود که اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند و کمترین آن برای تیمار شاهد به‌دست آمد. تیمارهای G_2 و GC در قیاس با نمونه شاهد در مقابل شکستگی و پارگی استحکام بیشتری داشتند که دلیل آن حضور صمغ‌ها و ایجاد پیوندهای پایدار و مستحکم در فرمولاسیون است. افزودن کل صمغ‌ها در سطوح گوناگون در فرمولاسیون سبب بهبود ویژگی پوسته نان‌های مذکور در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به گونه‌ای که تیمارهای G_2 و G به‌ترتیب بیشترین و کمترین امتیاز را داشتند. Guarda *et al* (2004) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. از نظر ویژگی تقارن، بیشترین امتیاز این صفت را تیمار G_3 و کمترین را تیمار G داشت. در واقع برحسب نوع صمغ افزوده‌شده، تقارن محصول می‌تواند دچار نقصان یا بهبود گردد. با توجه به جدول ۶، ۲۴ ساعت پس از پخت، تیمار شاهد (دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها) دارای بیشترین میزان بیاتی بود و G_1 کمترین میزان بیاتی را داشت (P<۰/۰۱). همچنین ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت، شاهد بیشترین میزان بیاتی و G_2 کمترین مقدار آن را داشت (P<۰/۰۱). در واقع به‌کارگیری صمغ‌ها سبب کاهش میزان بیاتی نمونه‌ها گردید. Ghodke Shalini & Ananthanarayan (2007) تأثیر صمغ گوار بر روند بیاتی محصولات پخت را بررسی کردند. نتایج نشان داد که وجود گروه‌های هیدروکسیل در زنجیره صمغ سبب افزایش فعالیت سطحی می‌شود، ضمن آنکه به علت وجود خواص آب‌دوستی در صمغ مصرفی، رطوبت محصول حفظ می‌گردد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج، افزودن سطوح گوناگون صمغ‌های گوار و کربوکسی‌متیل سلولز موجب بهبود اکثر ویژگی‌های شیمیایی، حسی، رئولوژیکی، و تأخیر در بیاتی نان‌های چاپاتی تولیدی در مقایسه با نان شاهد گردید. در ضمن در بین نمونه‌های حاوی صمغ، نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ گوار (G_2) به‌عنوان بهترین تیمار معرفی گردید.

REFERENCES

Anonymous1. (2000). American Association of Cereal Chemists (AACC). Approved Methods of Analysis of the American.

Anonymous2. (2000). Standard Methods of International for Cereal Chemistry. ICC.

Armero, E. & Collar, C. (1998). Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives. *Journal of Cereal Science*, 28, 165-174.

Asghar, A., Anjum, F. M., Tariq, M. W. & Hussain, S. (2005). Effect of Carboxy Methyl Cellulose and Arabic gums on the stability of frozen Dough for Bakery products. *Food Hydrocolloids*, 29, 237-241.

Belitz, H. & Grosch, W. (1999). Polysaccharides. In: Belitz H, Grosch W. (Eds). Food Chemistry, Springer, Berlin, PP. 237-318.

Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E. & Bekaert, D. (1996). Acontribution to the study of staling of white bread: Effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 10, 375-383.

Ghodke Shalini, k. & Ananthanarayan, L. (2007). Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of Chapatti (Indian unleavened Flat bread) Part I-hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 21, 110-117.

Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. & Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18, 241-247.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. & Biliaderis, C. G. (2007). Effect of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.

Maier, H., Anderson, M., Karl, C. & Magnusinm, K. (1993). Guar, Locustbean, and Fenugreek gums. In: whistler, R.L., Bemiller, J.N. (Eds.), Industrial Gums. Polysaccharides on their Derivatives. Academic Press, New York, 182-205.

Mandala, I. G. (2005). Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*, 66, 291-300.

Octtaviani, V. & Weibiao, Z. (2006). Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improves. *Journal of Cereal Science*, 45, 1-17.

Raghavan, J. (1994). Small farming in central India. Dclhi: Sharda publishing.

Roa, G. V. (1985). Guar gum as an additive for improving the bread. *Food Hydrocolloids*, 18, 701-711.

Rosell, C. M., Bárcenas, M. & O-Keller, J. (2009). Influence of different hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 94, 241–247.