

## ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و عمر انباری نان بربری حاوی هیدروکلوئید آلزینات سدیم

منصوره سلیمانی فرد<sup>۱</sup>، مهرا ن اعلمی<sup>۲</sup>، فرامرز خداییان<sup>۳\*</sup>، گودرز نجفیان<sup>۴</sup> و مرتضی خمیری<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳ و ۵. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران

۴. دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۱۲)

### چکیده

در صنعت پخت، هیدروکلوئیدها به منظور بهبود ویژگی‌های عمل‌آوری و افزایش تحمل خمیر به شرایط تخمیر، بهبود کیفیت نان تازه، و افزایش ماندگاری نان‌های نگهداری‌شده، کاربرد زیادی دارند. از این رو این پژوهش به منظور بررسی تأثیر ژل آلزینات سدیم بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و پارامترهای کیفی (حجم، حجم مخصوص، افت پخت، و فعالیت آبی)، ویژگی‌های حسی، و بیاتی نان بربری انجام شد. هیدروکلوئید آلزینات سدیم در سطوح گوناگون ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد (وزنی/وزنی) به آرد گندم اضافه شد. ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و بافت‌سنجی نان به ترتیب با دستگاه‌های فارینوگراف و اینستران ارزیابی شد. نتایج حاصل از رئولوژیکی خمیر نشان داد با افزودن ژل، ظرفیت جذب آب، زمان ورود خمیر به خط ۵۰۰ واحد برابندر، زمان گسترش، زمان پایداری خمیر، زمان ترک خمیر از خط ۵۰۰ واحد برابندر، و زمان شکست افزایش یافت، در حالی که سست شدن بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه و شاخص تحمل به اختلاط در مقایسه با خمیر شاهد کاهش یافت. نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت آبی نان نشان داد، افزودن هیدروکلوئید، فعالیت آبی نان‌ها را کاهش داد. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های تکنولوژیکی، نشان داد که افزودن ژل در سطح ۱/۵ درصد باعث افزایش حجم و حجم مخصوص نان‌های حاصل شد. نتایج آزمون بافت‌سنجی که در ۳ زمان ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت انجام شد، نشان داد با افزودن آلزینات سدیم (۰/۵ درصد، ۱ درصد، ۱/۵ درصد)، بیاتی مغز نان به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت. همچنین، نمونه‌های حاوی آلزینات سدیم در مقایسه با نمونه شاهد روند بیاتی کندتری داشتند، به طوری که کمترین و بیشترین میزان بیاتی به ترتیب مربوط به تیمار ۱/۵ درصد و نان شاهد بود. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های حسی نان، نشان داد افزودن هیدروکلوئید در سطح ۱/۵ درصد بهترین نتایج را در بر داشت.

**کلیدواژگان:** بهبود کیفیت، بیاتی، رئولوژی خمیر، ژل آلزینات سدیم، نان بربری.

### مقدمه

نان غذای اصلی مردم ایران است، به طوری که مصرف سرانه گندم حدود ۲۰۰ کیلوگرم برای هر شخص در سال است (Iran Statistics Letter, 2009). نان قسمت اعظم انرژی، پروتئین، املاح، و ویتامین‌های گروه B را روزانه تأمین می‌کند (Aminpour, 2006; Rajabzade, 1993). نان‌های مسطح از شکل‌های اصلی مصرف گندم در بسیاری از کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا هستند (Jooyande, 2009). در زمینه نان‌های مسطح، می‌توان به نان بربری اشاره کرد که از انواع متداول نان مسطح در ایران است و مانند دیگر نان‌های مسطح، ماندگاری

پایینی دارد، با وجود بررسی‌های فراوان در زمینه ماندگاری نان، عامل اصلی ضایعات صنعت نان، پدیده بیاتی به شمار می‌آید. در صنعت پخت و نانواپی، برای بهبود ویژگی‌های عمل‌آوری، افزایش تحمل خمیر نسبت به شرایط تخمیر، بهبود کیفیت نان، ماندگاری، و بافت تازه نان از طریق حفظ رطوبت بیشتر و به تأخیر انداختن بیاتی، از هیدروکلوئیدها استفاده می‌شود (Anton Alex et al, 2009; Ghodke & Laxmi, 2007; Mohamed & Sing, 2010).

در این پژوهش، به نتایج برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه کاربرد هیدروکلوئیدها در نان اشاره می‌شود:

Smitha et al. (2008) تأثیر هیدروکلوئیدهای گوناگونی

چون عربی، گوار، زانتان، کاراگینان، و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح ۰/۵ درصد را، بر ویژگی‌های رئولوژیکی،

استان گلستان، شهرستان گرگان تهیه شد. صمغ استفاده شده در این تحقیق، آلژینات سدیم (شرکت مرک، آلمان) بود که به صورت پودری زردرنگ متمایل به قهوه‌ای در بسته‌بندی‌های ۱۰۰ گرمی از یکی از شرکت‌های پخش مواد و وسایل آزمایشگاهی شهرستان گرگان تهیه شد. آلژینات سدیم (با منشأ *Ascophyllum rodosum*) از دو واحد مونومری D-مانورونیک‌اسید و L-گلوکورونیک‌اسید با نسبت‌های ۱/۸۵-۱/۲۹ تشکیل شده است. خمیرمایه خشک فعال فوری با نام تجاری دزمایه، ساخت شرکت خمیرمایه خوزستان، در بسته‌بندی‌های ۵۰۰ گرمی در بسته‌های چندلایه از جنس فویل آلومینیوم، از یکی از سوپرمارکت‌های شهرستان گرگان خریداری شد.

#### آزمون‌های شیمیایی برای آرد

مقدار رطوبت، با روش AACC شماره ۱۶-۴۴ (دمای محیط و آون به ترتیب ۲۵ و ۱۰۵ درجه سلسیوس)، تعیین خاکستر از روش AACC شماره ۰۱-۰۸، خاکستر غیر محلول با روش AACC شماره ۰۱-۰۸، تعیین مقدار پروتئین با روش AACC شماره ۱۶-۴۶، مقدار گلوتن مرطوب با روش AACC شماره ۱۲A-۳۸، شاخص گلوتن با روش AACC شماره ۱۲-۳۸، اسیدیته با روش Kent Jones، عدد فالینگ با روش AACC شماره B ۸۱-۵۶، pH با استفاده از استاندارد AACC، شماره ۵۲-۰۲ اندازه‌گیری شد (AACC, 2000).

#### آزمون فارینوگراف خمیر

ویژگی‌های فارینوگراف آرد گندم و مخلوط آرد گندم و هیدروکلونید آلژینات سدیم با روش AACC شماره ۲۱-۵۴ با دستگاه فارینوگراف (Brabender, Duisburg, Model 820501) ساخت شرکت برابندر آلمان اندازه‌گیری شد (AACC, 2000).

#### پخت نان

نمونه‌های نان از آرد گندم و ژل آلژینات سدیم، به روش خمیر مستقیم (۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد) تهیه شدند. بدین صورت که، بر مبنای فرمولاسیون، ۳۰۰ گرم آرد گندم، ۱/۵ درصد نمک، ۱/۵ درصد مخمر، و به مقدار لازم آب (تعیین شده با دستگاه فارینوگراف)، برای تهیه خمیر، همراه با مقادیر گوناگونی از ژل آلژینات سدیم در سطوح ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد به کار برده شد. تمام ترکیبات در مخلوط‌کن (مدل HR، هلند) با سرعت ۶۰ rpm به مدت ۴ دقیقه با هم مخلوط و سپس خمیر حاصل، به منظور انجام عمل تخمیر، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) قرار داده شد، بعد از عمل تخمیر، خمیر

ساختار، و ویژگی‌های کیفی نان پاروتا بررسی کردند. افزودن هیدروکلونیدها، جذب آب را در فارینوگراف افزایش داد. در میان هیدروکلونیدها، صمغ گوار بیشترین اثر بهبوددهندگی را در کیفیت نان پاروتا داشت و بعد از آن به ترتیب، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، زانتان، کاراگینان، و صمغ عربی خاصیت بهبوددهندگی داشتند. نتایج Shalini & Laxmi (2007) نشان داد که افزودن هیدروکلونیدها، به افزایش قدرت نگهداری آب در خمیر، به پایداری خمیر در حین تخمیر، افزایش حجم مخصوص نان، و کاهش سفتی مغز نان می‌انجامد. Lazaridou et al. (2007)، تأثیر هیدروکلونیدهای پکتین، کربوکسی متیل سلولز، آگارز<sup>۱</sup>، زانتان، و بتاگلوکان را بر تغییرات رنگ و فعالیت آبی نان فاقد گلوتن در دو حالت تازه و در طول دوره نگهداری بررسی کردند. Barcenas et al. (2009)، تأثیر هیدروکلونیدهایی چون صمغ عربی، پکتین، و د هیدروکسی متیل سلولز را بر اجزای مهم خمیر آرد گندم (گلوتن و نشاسته) با استفاده از مدل هیدراته شده بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان تأثیر هیدروکلونیدها روی نشاسته و گلوتن، بستگی به نوع و غلظت آن‌ها (هیدروکلونیدها) دارد. تمام هیدروکلونیدها به استثنای صمغ عربی مدول ویسکوالاستیک را در طول دوره حرارت‌دهی و خنک کردن کاهش دادند و تأثیر تضعیف‌کنندگی بر گلوتن داشتند. آلژین از اجزای دیواره سلولی جلبک‌های قهوه‌ای است که از واحدهای مانورونیک‌اسید متصل به هم تشکیل می‌شود، همچنین گلوکورونیک‌اسید نیز دارد. از رایج‌ترین اشکال استفاده شده آلژین‌ها، آلژینات سدیم محلول در آب است و قابلیت جذب آب بالایی دارد، ویسکوزیته این صمغ با افزایش دما کاهش می‌یابد با این وجود هم در آب سرد و هم در آب گرم محلول است (Morris, 1977).

با توجه به آنچه در قبل ذکر شد و بررسی مقالات و پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، به نظر می‌رسد تاکنون هیچ‌گونه کار تحقیقی بر تأثیر ژل آلژینات سدیم بر نان بربری صورت نگرفته است، از این رو این پژوهش با هدف، تولید خمیری با ویژگی‌های رئولوژیکی مناسب، بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، کاهش شدت بیاتی، و افزایش عمر انباری نان بربری شکل گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد اولیه

آرد گندم استفاده شده برای تهیه نان بربری از آرد ستاره با درجه استخراج ۷۰-۸۰ درصد، از کارخانه آرد زاهدی واقع در

شکل ظاهری، حجم، رنگ پوسته، ویژگی‌های پخت، ویژگی‌های پوسته، و ترک خوردگی و شکستگی و ویژگی‌های داخلی چون رنگ مغز نان، آروما، بافت مغز نان، و پوکی و تخلخل نان سنجیده شد. هر کدام از ویژگی‌های مذکور ۱۰ درصد از امتیاز ۱۰۰ را به خود اختصاص می‌دهند. سپس تیمارها و نمونه شاهد با امتیازدهی آزموده شدند. سرانجام بیشترین امتیاز به نمونه‌هایی، که حاوی بهترین ویژگی‌های داخلی و خارجی بود، تعلق گرفت (AACC, 2000).

#### آنالیز آماری

در این تحقیق برای تحلیل نتایج، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل سایر داده‌ها با روش آنالیز واریانس، و مقایسه میانگین داده‌ها، با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گرفت و همه آزمون‌ها در ۳ تکرار و با نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند.

#### نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم در جدول ۱ ارائه شده است. باتوجه به ویژگی‌های شیمیایی ارزیابی شده در آرد گندم، مشخص شد که پارامترهای اندازه‌گیری شده در محدوده استاندارد و مطلوبی قرار دارند.

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم

ویژگی‌ها	آرد گندم
رطوبت (درصد)	۱۳/۷±۰/۳۰
پروتئین (درصد)	۱۲/۵±۰/۱۰
خاکستر (درصد)	۰/۷±۰/۰۲
خاکستر غیر محلول (درصد)	۰/۳±۰/۰۱
گلوتن مرطوب (درصد)	۳۲±۱
شاخص گلوتن	۶۲±۱
pH	۶±۰/۶۰
اسیدیته	۲/۱±۰/۱۰
عدد فالینگ (s)	۳۵۱±۰/۴

#### آزمون فارینوگراف خمیر

نتایج آزمون‌های فارینوگراف خمیر گندم (جدول ۲) مشخص کرد که افزودن آلژینات سدیم باعث افزایش معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) در میزان جذب آب خمیرها در مقایسه با خمیر شاهد می‌شود، که به علت خاصیت آب‌دوست بودن هیدروکلوئید است. با افزودن ژل آلژینات سدیم به آرد، در غلظت‌های ۰/۵ درصد و ۱ درصد زمان لازم برای این که خمیر به حداکثر قوام

حاصل به‌صورت چونه‌های ۴۰۰ گرمی تقسیم و به‌شکل کره‌هایی با دو انتهای مسطح درآمد و گرم‌خانه‌گذاری در اتاقک تخمیر، در دمای ۳۸ درجه سلسیوس، به‌مدت ۴۰ دقیقه انجام گرفت. بعد از آن، عملیات پخت در فر، حدود ۱۵ دقیقه در دمای ۲۲۰ درجه سلسیوس صورت گرفت، نان حاصل به‌مدت یک ساعت، در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) خنک و سپس در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد.

#### آزمون‌های نان

##### اندازه‌گیری ویژگی‌های تکنولوژیکی نان

حجم نان بربری با روش AACC شماره ۱۰-۰۵ با جابه‌جایی دانه کلزا انجام شد، حجم مخصوص نان‌ها با روش AACC شماره ۵۰-۵۵ محاسبه شد. ضخامت نان با کولیس و قطر خارجی و قطر داخلی نان با کمک پرگار و خط‌کش اندازه‌گیری شد. فعالیت آبی با دستگاه سنجش واتراکتیویته (مدل TH500 سوئیس) تعیین شد (AACC, 2000).

##### تعیین افت پخت نان

به‌منظور تعیین افت پخت، وزن چانه‌ها (۴۰۰ گرم) و وزن نان‌ها، پس از پخت و سردکردن به‌مدت یک ساعت، اندازه‌گیری شد و از طریق رابطه ۱، افت پخت نان محاسبه شد (Phimolsiripol et al, 2008).

##### (رابطه ۱)

$$100 \times \frac{\text{وزن نان پس از پخت} - \text{وزن چانه خمیر نان}}{\text{وزن چانه خمیر}} = \text{افت پخت درصد}$$

#### آزمون بیاتی نان

به‌منظور تعیین سفتی بافت نان، نمونه‌ها در زمان‌های ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت نگهداری تحت آزمون فشردگی با دستگاه اینستران (مدل TESTO 405-V1، آلمان) به‌روش AACC شماره ۹-۷۴ تعیین شد. آزمون فشردگی با فک ۳/۶ سانتیمتری، وزنه فشارنده ۱۰۰ نیوتن، سرعت آزمون ۳۰ (میلیمتر بر دقیقه)، و نقطه انتهای آزمون ۶ میلیمتر در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انجام گرفت و بالاترین نقطه روی منحنی‌های حاصل خوانده شد (AACC, 2000).

#### آزمون ارزیابی حسی

سنجش حسی نان با روش AACC شماره A ۳۳-۵۰، توسط ده نفر (۵ نفر زن و ۵ نفر مرد) آموزش‌دیده، در مقایسه با نان شاهد سنجیده شد و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت پس از پخت در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند. ویژگی‌های ظاهری همچون

هیدروکلوئیدهای آگاروز، زانتان، کربوکسی متیل سلولوز، و پکتین به خمیر نان گندم، مطابقت و هم‌خوانی داشت (Lazaridou *et al*, 2007). افزودن ژل آلژینات سدیم در سطوح به کاررفته، باعث افزایش معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) ثبات و قوام خمیر، در مقایسه با خمیر شاهد شد؛ بنابراین کمترین مقاومت خمیر، در نمونه شاهد و بیشترین آن، در نمونه حاوی ۱/۵ درصد ژل آلژینات سدیم مشاهده شد. نتایج حاصل با تحقیقات مطابقت و هم‌خوانی داشت (Lazaridou *et al*, 2007; Smitha *et al*, 2008; Moayedi, 2010).

خود برسد، در مقایسه با خمیر فاقد آلژینات سدیم تغییری نیافت، ولی در سطح ۱/۵ درصد در مقایسه با تیمارهای ۰/۵ درصد، ۱ درصد، و نمونه شاهد، زمان گسترش به‌طور معنی‌داری  $p < 0.05$  افزایش یافت. پهنای منحنی با افزایش سطح هیدروکلوئید، افزایش یافت. پهنای منحنی فارینوگرافی نمایانگر دو فاکتور چسبندگی و الاستیسیته است (Hanh & Rasper, 1974). مطالب ذکر شده و منحنی‌های ذیل نشان می‌دهند که سطح ۱/۵ درصد ژل آلژینات سدیم، بیشترین اثر مثبت را بر منحنی فارینوگرافی داشته است. نتایج حاصل با نتایج به‌دست‌آمده در سال ۲۰۰۷ از تأثیر افزودن

جدول ۲. تأثیر سطوح گوناگون آلژینات سدیم بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم

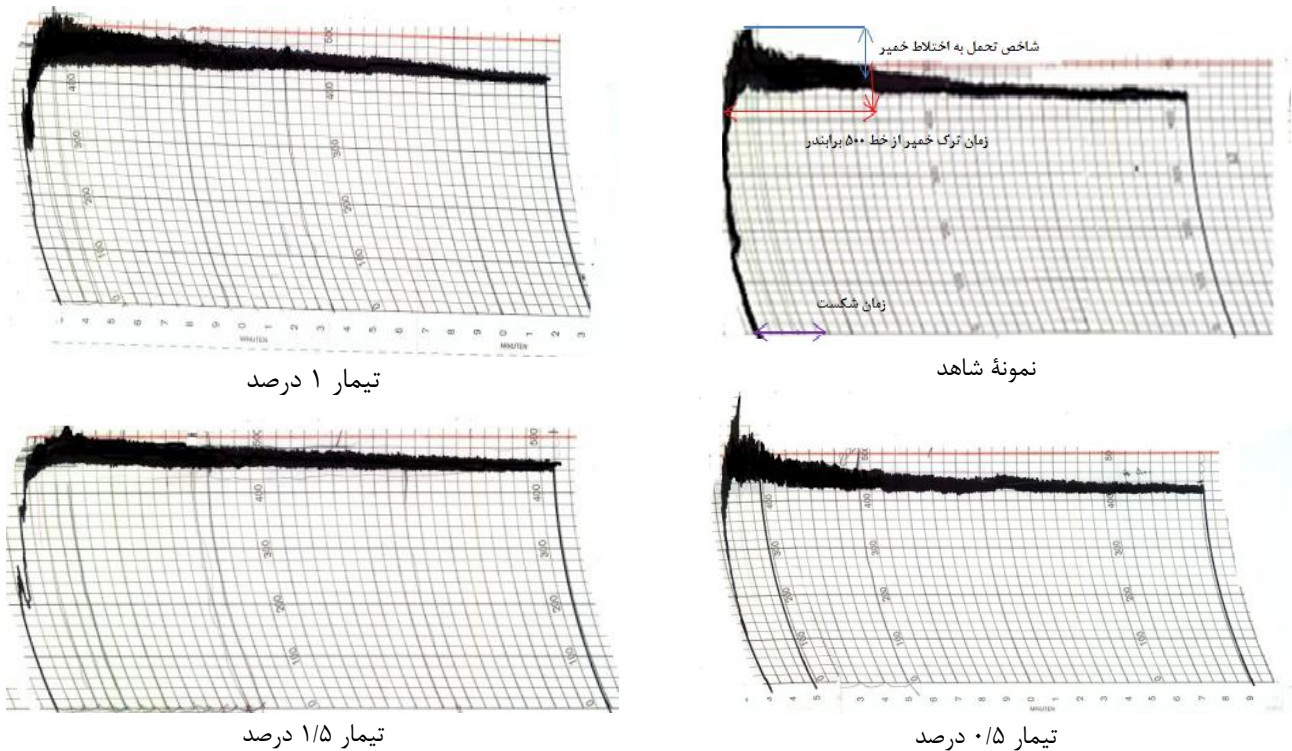
نمونه‌ها	آرد شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد
جذب آب (میلی لیتر)	۲۶ ± ۰/۲d	۲۷/۵ ± ۰/۲ c	۲۹ ± ۰/۳ b	۳۰/۵ ± ۰/۱ a*
زمان گسترش (دقیقه)	۱/۵ ± ۰/۱b	۱ ± ۰/۱b	۱/۸ ± ۰/۱ab	۲/۵ ± ۰/۱a
مقاومت (دقیقه)	۴ ± ۰/۱b	۵/۳ ± ۰/۰۲B	۶/۶ ± ۰/۴ ab	۷ ± ۰/۵a
زمان خروج خمیر از خط ۵۰۰ برابندر (دقیقه)	۴/۸ ± ۰/۰۱c	۶ ± ۰/۱b	۱۳/۵ ± ۰/۱b	۱۴/۵ ± ۰/۲a
نرم‌شدن بعد از ۱۰ دقیقه (برابندر)	۲۲ ± ۱a	۱۵ ± ۱b	۱۰ ± ۰/۲c	۸ ± ۰/۳d
نرم‌شدن بعد از ۲۰ دقیقه (برابندر)	۶۰ ± ۱ a	۲۵ ± ۲b	۲۰ ± ۱c	۸ ± ۱d
شاخص تحمل به اختلاط (برابندر)	۸۰ ± ۰/۱a	۵۰ ± ۱b	۴۰ ± ۱c	۳۰ ± ۱d
زمان شکست (دقیقه)	۲/۸ ± ۰/۰۱d	۶/۳ ± ۰/۰۲c	۱۰/۵ ± ۰/۰۳b	۱۴ ± ۱a
والریمتری	۴۶ ± ۱c	۵۷ ± ۲b	۵۸ ± ۰/۰b	۶۱ ± ۰/۰a

\*حروف غیر یکسان در هر ردیف، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) هستند.

در مقایسه با خمیر شاهد شد و درجه سست شدن خمیرهای حاوی ژل آلژینات سدیم، بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه، در مقایسه با خمیر شاهد کاهش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) داشت. بنابراین بیشترین درجه سستی به نمونه شاهد و کمترین آن به نمونه حاوی ۱/۵ درصد ژل آلژینات سدیم تعلق گرفت. نتایج مشابهی، ناشی از افزودن هیدروکلوئیدهای گوار، زانتان، عربی، و هیدروکسی کربوکسیل متیل سلولوز به نان حجیم، در سال (۲۰۰۸) به‌دست آمده است (Smitha *et al*, 2008). همچنین در این پژوهش، با افزودن ژل آلژینات سدیم، زمان شکست افزایش یافت. افزودن آلژینات سدیم، به دلیل افزایش مقاومت و پایداری خمیر و کاهش درجه سست شدن خمیر، در بهبود کیفیت خمیر نیز نقش داشت و باعث افزایش عدد کیفی فارینوگراف شد؛ که این افزایش در تمامی سطوح بررسی شده، در مقایسه با خمیر شاهد معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) بود. (Smitha *et al*, 2008) نیز نتایج مشابهی از اثر افزودن زانتان، عربی، گوار، و هیدروکسی کربوکسیل متیل سلولوز به نان پارتا و افزایش سطوح آن در افزایش عدد کیفی فارینوگراف، گزارش دادند.

بالا بودن مقدار فاکتور زمان ترک خمیر از خط ۵۰۰ واحد برابندر نمایانگر قوی بودن آرد است. افزودن آلژینات سدیم در سطوح ذکر شده، باعث افزایش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در زمان ورود و به همان نسبت ثبات و قوام خمیر در مقایسه با خمیر شاهد شد؛ بنابراین کمترین میزان زمان ترک خمیر از خط ۵۰۰ واحد برابندر، در نمونه شاهد و بیشترین آن در نمونه حاوی ۱/۵ درصد ژل آلژینات سدیم مشاهده شد. شاخص تحمل به اختلاط، با کیفیت آرد نسبت عکس دارد. با افزودن آلژینات سدیم در سطوح ۰/۵ درصد، ۱ درصد، و ۱/۵ درصد باعث کاهش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در شاخص تحمل به اختلاط خمیر، در مقایسه با خمیر شاهد شد، با افزایش سطوح ژل آلژینات سدیم، میزان شاخص تحمل به اختلاط خمیر به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت.

درجه سست شدن، بیانگر دو فاکتور میزان شکست و قوت آرد است، به طوری که افزایش این فاکتور رابطه مستقیمی با ضعیف بودن آرد دارد. افزودن آلژینات سدیم در سطوح ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد باعث افزایش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در مقاومت خمیر



شکل ۱. تأثیر ژل آلزینات سدیم بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر آرد گندم

لبه و میانی نان‌ها، وزن، قطرهای داخلی و خارجی، حجم و حجم مخصوص نان‌ها، و فعالیت آبی نان‌ها، به ترتیب در جداول ۴ و ۵ و شکل ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری حجم و حجم مخصوص نان‌ها مشخص شد، با افزودن ژل آلزینات سدیم، حجم و حجم مخصوص نان‌ها در مقایسه با نان شاهد افزایش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) یافت، احتمالاً این افزایش حجم و حجم مخصوص، به دلیل افزایش پایداری در سطح مشترک مجموعه سلول‌های گازی در طی پخت است که توانایی نگهداری گاز را در آنها افزایش می‌دهد و در پایان به بهبود و افزایش حجم و حجم مخصوص نان‌ها می‌انجامد. همچنین در سال (۱۹۹۳)، نتایج مشابهی با افزودن یک مخلوط از افزودنی‌ها (شامل امولسیفایرها و صمغ‌ها) به فرمولاسیون نان حجیم، گزارش شد (Seible, 1993 & Mettler).

نتایج مربوط به تأثیر ژل آلزینات سدیم در سطوح ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد بر فعالیت آبی، خصوصیات کیفی، و ماندگاری نان‌های بربری و نمونه شاهد در شکل ۲ بررسی شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزودن هیدروکلوئید به فرمولاسیون خمیر نان بربری، به دلیل افزایش قدرت جذب و نگهداری آب توسط هیدروکلوئید، فعالیت آبی نان‌های حاصل کاهش یافت،

### نتایج تعیین افت پخت نان

افت پخت، نمایانگر کاهش وزن در اثر پخت یا به عبارتی تبخیر آب در نان است که این فاکتور از نظر اقتصادی، به دلیل کاهش وزن نهایی نان، اهمیت دارد. با توجه به نتایج جدول ۳، مشخص شد با افزایش میزان ژل آلزینات سدیم، میزان افت کاهش یافت و وزن نهایی نان بیشتر شد، که این امر به دلیل جذب بیشتر آب توسط هیدروکلوئید مورد نظر و کاهش تبخیر آب در حین پخت یا به عبارتی افزایش رطوبت نهایی در نمونه‌های حاوی ژل آلزینات بود.

جدول ۳. نتایج تعیین افت پخت نان

نمونه	وزن اولیه (گرم)	اختلاف وزن چانه خمیر و افت پخت نان حاصل (گرم)	افت پخت (درصد)
شاهد	۲۹۴±۱۶ <sup>c*</sup>	۱۰۶±۱۳ <sup>a*</sup>	۲۶±۲ <sup>a</sup>
تیمار ۰/۵ درصد	۳۳۴±۲۹ <sup>b</sup>	۶۶±۱۱ <sup>b</sup>	۱۶±۱ <sup>b</sup>
تیمار ۱ درصد	۳۴۹±۳۴ <sup>a</sup>	۵۱±۱۳ <sup>b</sup>	۱۳±۲ <sup>c</sup>
تیمار ۱/۵ درصد	۳۵۷±۴۶ <sup>a</sup>	۴۳±۹ <sup>c</sup>	۱۱±۲ <sup>d</sup>

\*حروف غیر یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) هستند.

### نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های تکنولوژیکی نان

تأثیر ژل آلزینات سدیم در سطوح ۰/۵ درصد، ۱ درصد، و ۱/۵ درصد، بر ویژگی‌های تکنولوژیکی نان بربری مانند: ضخامت

اختصاص دادند. نتایج حاصل از این تحقیق، با نتایج برخی از محققان هم‌خوانی داشت (Soleimani fard & alami, 2012; Smitha et al, 2008).

که این عملکرد هیدروکلوئید، به افزایش طول عمر نمونه‌های نان منتهی شد. در پایان، نان شاهد و تیمار ۱/۵ درصد آلژینات سدیم، به ترتیب، بیشترین و کمترین میزان فعالیت آبی را به خود

جدول ۴. تأثیر سطوح گوناگون ژل آلژینات سدیم بر ابعاد نان

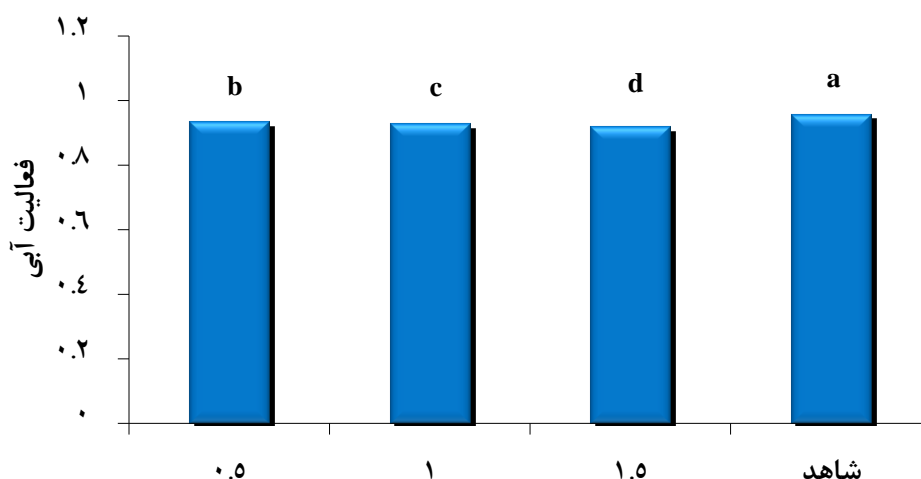
ویژگی‌ها				نمونه
قطر داخلی (سانتیمتر)	قطر خارجی (سانتیمتر)	ضخامت وسط (سانتیمتر)	ضخامت لبه (سانتیمتر)	
۴۱±۱ d	۴۱±۱ c	۱/۴۰±۰/۱ b	۰/۴۲±۰/۰۷b*	شاهد
۴۵±۱ c	۵۲±۲ b	۲/۰۳±۰/۲ a	۰/۵±۰/۱ b	تیمار ۰/۵ درصد
۴۸±۱ b	۵۲±۱b	۲/۳۰±۰/۱ a	۰/۷±۰/۲ b	تیمار ۱ درصد
۵۰±۱ a	۵۶±۱a	۲/۵۰±۰/۲ a	۱/۲±۰/۲ a	تیمار ۱/۵ درصد

\*حروف غیر یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) هستند.

جدول ۵. تأثیر سطوح گوناگون ژل آلژینات سدیم بر برخی ویژگی‌های فیزیکی نان

ویژگی‌ها			نمونه
حجم مخصوص (سانتیمتر مکعب/گرم)	حجم (سانتیمتر مکعب)	وزن (گرم)	
۲/۲۶±۰/۰۲ d	۵۴۱±۱ d	۲۹۴±۱ d	شاهد
۲/۵۰±۰/۳۰ c	۸۳۶±۹c	۳۳۴±۴ c	تیمار ۰/۵ درصد
۲/۸۵±۰/۶۳ b	۹۹۵±۸ b	۳۴۹±۶ b	تیمار ۱ درصد
۳/۰۱±۰/۰۴ a	۱۰۷۹±۹ a	۳۵۷±۱a*	تیمار ۱/۵ درصد

\*حروف غیر یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) هستند.



شکل ۲. ارزیابی فعالیت آبی تیمارهای گوناگون آلژینات سدیم و نان شاهد

مصرف‌کننده همراه است (Gray & Bemiller, 2003). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون بافت‌سنجی (جدول ۶) مشخص شد با افزودن آلژینات سدیم و افزایش سطح آن، پس از گذشت

نتایج تأثیر آلژینات سدیم بر بیاتی نان بربری بیاتی مجموعه تغییرات پیچیده فیزیکی، شیمیایی، و حسی نان در طول دوره نگهداری است که در پایان با کاهش پذیرش

آلژینات سدیم، روند کندتری در مقایسه با نمونه‌های نان شاهد داشتند. نتایج حاصل با نتایج برخی محققان مطابقت داشت (Rosell et al, 2007; Barcenas et al, 2009). سرانجام از بین درصدهای گوناگون به کاربرده شده، تیمار ۱/۵ درصد، به دلیل کمترین میزان سفتی، به عنوان درصد بهینه انتخاب شد.

زمان ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت، میزان نیروی لازم برای فشردگی و تراکم نان‌های حاوی صمغ در مقایسه با هم و نسبت به نمونه شاهد، به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت. با توجه به میزان تغییرات بیاتی، در نمونه‌های نان در روزهای متوالی، مشخص شد با گذشت زمان، شدت بیاتی در نمونه‌های حاوی

جدول ۶. تأثیر آلژینات سدیم بر بیاتی نان‌های بربری توسط آزمون مقاومت نسبت به فشردگی (گرم بر سانتی‌متر مربع)

نوع نان	زمان (ساعت)		
	۷۲	۴۸	۲۴
شاهد	۱۰۶ ± ۰/۲ a	۸۴/۸ ± ۰/۷ a	۴۰/۴ ± ۰/۶ *a
تیمار ۰/۵ درصد	۶۹ ± ۰/۴ a	۴۹/۵ ± ۰/۶ b	۳۷/۴ ± ۰/۱ b
تیمار ۱ درصد	۴۲ ± ۰/۴ b	۲۹/۱ ± ۰/۲ c	۱۹/۵ ± ۰/۶ c
تیمار ۱/۵ درصد	۳۷ ± ۰/۴ c	۱۹/۱ ± ۰/۴ d	۱۴/۷۰ ± ۰/۵ d

\*حروف غیر یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی دار ( $p < 0.05$ ) هستند.

قابلیت جویده شدن، عطر و آروما، طعم و مزه، پوکی، و تخلخل نمونه‌های نان شد، تیره شدن مغز نان و ترک خوردگی در سطح نمونه‌های نان را به همراه داشت. با افزایش غلظت آلژینات سدیم تغییر معنی داری ( $p < 0.05$ ) در ابعاد نان‌ها حاصل نشد ولی در مقایسه با نان شاهد بهبود یافت. سرانجام با مجموع امتیازهای خارجی و داخلی، سطح ۱/۵ درصد به عنوان سطح بهینه از نظر ویژگی‌های حسی انتخاب شد.

#### نتایج ارزیابی حسی نان

ارزیابی حسی نان‌ها، شامل بررسی تأثیر سطوح ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد ژل آلژینات سدیم روی ویژگی‌های خارجی و داخلی نان‌هاست، که در جدول ۷ ارائه شده است. با افزودن آلژینات سدیم به خمیر آرد گندم، ویژگی‌های ظاهری و داخلی نان‌ها به نسبت‌های گوناگونی تحت تأثیر قرار گرفت. به طور کلی افزودن صمغ، ضمن این که منجر به بهبود شکل ظاهری، رنگ پوسته،

جدول ۷. تأثیر آلژینات سدیم بر ویژگی‌های حسی نان‌ها طی ساعات گوناگون نگهداری

نوع نان	زمان (ساعت)		
	۷۲	۴۸	۲۴
شاهد	۹/۷ ± ۰/۴ c	۱۰/۴ ± ۰/۲ c	۱۰/۳ ± ۰/۶ *c
تیمار ۰/۵ درصد	۱۲/۸ ± ۰/۷ b	۱۵/۳ ± ۰/۲ b	۱۶/۱ ± ۰/۷ b
تیمار ۱ درصد	۱۸/۰ ± ۰/۴ a	۱۹/۸ ± ۰/۱ a	۲۰/۴ ± ۰/۵ a
تیمار ۱/۵ درصد	۱۸/۹ ± ۰/۸ a	۲۰/۲ ± ۰/۴ a	۲۱/۲ ± ۰/۶ a
شاهد	۷/۹ ± ۰/۱ c	۱۰/۵ ± ۰/۷ c	۱۲/۵ ± ۰/۴ c
تیمار ۰/۵ درصد	۱۰/۶ ± ۰/۵ c	۱۴/۵ ± ۰/۵ b	۱۷/۴ ± ۰/۱ b
تیمار ۱ درصد	۱۵/۱ ± ۰/۳ b	۱۸/۵ ± ۰/۱ a	۱۹/۷ ± ۰/۶ b
تیمار ۱/۵ درصد	۱۹/۳ ± ۰/۵ a	۲۰/۶ ± ۰/۵ a	۲۳/۵ ± ۰/۳ a

\*حروف غیر یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی دار ( $p < 0.05$ ) هستند.

آب و نگهداری آن در نان، و افزایش عمر انبارداری نان‌ها هستند. نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف نشان داد که افزودن ژل آلژینات سدیم، منجر به افزایش مقاومت خمیر به هم‌زدن، زمان شکست خمیر، و زمان ترک خمیر از خط ۵۰۰ برابند و

#### نتیجه‌گیری کلی

از راه‌های صحیح و مناسب برای بهبود کیفیت نان و به تأخیر انداختن بیاتی آن، استفاده از هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون خمیر است. این مواد مسئول افزایش ظرفیت جذب

ویژگی‌های مطلوب، عمر انبارداری بالا، و ظاهری مناسب تولید کرد.

### سپاسگزاری

انجام این تحقیق بدون یاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر شهرستان کرج (آزمایشگاه شیمی غلات)، دانشگاه تهران (گروه صنایع غذایی، آزمایشگاه بیوفیزیک)، شرکت گل‌پودر استان گلستان (آقایان مهندس رفاهی و دکتر پاکدل)، کارخانه آرد زاهدی استان گلستان (مهندس زاهدی)، و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (دانشکده صنایع غذایی) امکان پذیر نبود، که از آنها بسیار متشکریم.

همچنین کاهش در شاخص تحمل به اختلاط خمیر و درجه سست شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه گردید. افزودن ژل آلژینات سدیم در افزایش حجم و حجم مخصوص نان نیز اثر مثبتی نشان داد. ارزیابی فعالیت آبی نان‌های بربری نشان داد که صمغ آلژینات سدیم به گونه‌ای موجب کاهش فعالیت آبی نان‌های حاصل شد که تیمار ۱/۵ درصد کمترین فعالیت آبی را داشت. در ارتباط با بیاتی نان‌ها مشخص شد افزودن آلژینات سدیم به فرمولاسیون خمیر آرد گندم، موجب کاهش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در بیاتی نان‌های بربری شد به گونه‌ای که تیمار ۱/۵ درصد، در مقایسه با نمونه شاهد، کمترین میزان سفتی را داشت. در پایان این که آلژینات سدیم را می‌توان به عنوان ترکیبی بهبوددهنده در نان‌های بربری استفاده کرد و نان‌هایی با

### REFERENCES

- AACC 2000. AACC Nos. 02-51, 08-01, 10-05, 33-50, 38-12A, 44-16, 46-16, 54-21, 55-50, 56-81B. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, The Association, St. Paul, MN.
- Aminpour, A. (2006). The nutritional value of bread –and The pattern in most people's needs. In: *Proceedings of Special Meeting of bread. Nutrition and Food Research Institute, a state Press.*
- Anton Alex, A., Lukow Odean M., Fulcher R., Gray and Arntfield Susan, D. 2009. Shelf Stability and Sensory Properties of Flour Tortillas Fortified with Pinto Bean Flour: *Effects Of Hydrocolloid addition*, LWT, (Vol. 1), (pp. 23- 29).
- Barcenas, M.E., O-Keller, J.D.L., and Rosell, C.M. (2009). Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). *Journal of Food Engineering*, (pp. 1-7).
- Ghodke, S.K., and Laxmi, A. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole wheat dough and quality chapatti part I- *hydrocolloids*, *Food Hydrocolloids*, (Vol. 21), (pp. 110-117).
- Gray, J.A., and Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. (Vol. 2), (pp. 1-21).
- Hanh, P. P., and Rasper, V. 1974. The effect of non-starchy polysaccharides from yam, sorghum and millet flours on the rheological behavior of wheat doughs. *Cereal Chemistry*. (Vol. 51), (pp. 734).
- Iran Statistics Letter. (2009). *Ministry of Agriculture*.
- Jooyande, H. (2009). Evaluation of physical and sensory properties of Iranian Lavash flat bread supplement with precipitated whey protein (PWP). *African Journal of Food Science*, (Vol. 2), (pp. 28-34).
- 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. *Journal of Food Engineering*, (pp. 1033-1047).
- Mettler, E., and Seible, W. (1993). Effect of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: a response surface methodology study. *Cereal Chemistry*, (pp. 373-377).
- Moayedi, S. (2010). Effect of Gum Tragacanth on Rheological Properties of Wheat Flour Dough and Quality Parameters of French Baguette Bread. Master's thesis. Food Science and Technology College, *Agriculture Faculty and Natural Resource of Gorgan*. (pp: 56,57,61,65,67,68).
- Mohamed, A., Xu, J., and Sing, M. (2010). Yeast leavened banana- bread: formulation, processing, colour and texture analysis. *Food Chemistry*, (Vol. 118). (pp. 620- 626).
- Morris, E. R. (1977). Order-disorder transition for a bacterial polysaccharide in solution a role for polysaccharide conformation in recognition between *Xanthomonas pathogen* and its plant host. *Journal molocular Biology*. 1-16.
- 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. *Journal of Food Engineering*. (Vol. 4), (pp. 48-56).
- Rajabzade, N. (1993). technology of bread. *Thran University Press*.
- Rosell, C.M., and Foegeding, A. (2007). Interaction of hydroxypropylmethylcellulose with gluten proteins: Small deformation properties during thermal treatment. *Food Hydrocolloids*, (pp. 1092-1100).
- 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 Hydrocolloids*, (pp. 110-117).



Smitha, S., Jyotsna R., KHyrunnisa, B., and Indrani, D. (2008). Effect Of Hydrocolloids On Rheological, Microstructural And Quality Characteristics Of Parotta- An Unleavened Indian Flat Bread. *Journal of Texture Studies. Blackwell Publishing.* (pp. 267-283).

Soleimani fard, M., Alami, M. (2012). Effect gum of Pectin on properties of quality of Gholach bread as anti staling. In: Proceeding of 20<sup>th</sup> national Congress, 22-24 Nov., Sanat Sharif University, Tehran, Iran, 193-198.