



ارزیابی کاربرد صمغ زانتان و آرد سیب‌زمینی بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان تست

سارا موحد^{۱*}، گلسا خلعتبری محسنی^۲، حسین احمدی چنارین^۳

1. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین، تهران
2. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین، تهران
3. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین، تهران

(تاریخ دریافت: 92/10/29، تاریخ پذیرش: 93/1/15)

چکیده

هدف از تحقیق حاضر بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، کیفیت بافت و ماندگاری نان‌های تست غنی‌شده با آرد سیب‌زمینی و هیدروکلوئید زانتان بود. به این ترتیب که مقادیر 5، 10 و 15 درصد از آرد سیب‌زمینی به همراه 0/5 و 1 درصد از هیدروکلوئید زانتان در ترکیب با آرد گندم برای تهیه نان تست استفاده گردید. با توجه به نتایج، تیمار حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی و 1 درصد زانتان (P_9) باعث تقویت خمیر شد. هم‌چنین بررسی نان‌های نگهداری‌شده پس از 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت نشان داد که آرد سیب‌زمینی و صمغ زانتان سبب نرمی بافت و هم‌چنین جلوگیری از بیاتی نمونه‌های نان تست می‌گردند به گونه‌ای که تیمار حاوی 5 درصد آرد سیب‌زمینی و 0/5 درصد زانتان (P_1) از بیش‌ترین میزان نرمی بافت و هم‌چنین کم‌ترین میزان بیاتی در هر سه بازه زمانی فوق‌برخوردار بود. از سوی دیگر تیمار شاهد (فاقد آرد سیب‌زمینی و صمغ زانتان) از بیش‌ترین امتیاز حجم برخوردار بود ضمن این‌که در کلیه نمونه‌ها حضور 0/5 درصد زانتان در مقایسه با 1 درصد از صمغ مذکور، سبب کسب امتیاز بالاتر از نظر صفت حجم گردید.

واژه‌های کلیدی: آرد سیب‌زمینی، صمغ زانتان، بیاتی، بافت‌سنج، فارینوگراف، اکستنسوگراف.

۱- مقدمه

با کاهش رطوبت در آرد سیب‌زمینی، درصد ترکیبات مغذی از قبیل پروتئین، کربوهیدرات و غیره افزایش می‌یابد [4]. آرد سیب‌زمینی به‌طور متوسط شامل 77-79 درصد کربوهیدرات (به‌طور عمده به شکل نشاسته ژلاتینه)، 11-9 درصد پروتئین، 4/5-4 درصد خاکستر، 1/17-1/18 درصد فیبر خام و 0/2-0/1 درصد چربی می‌باشد [20 و 17]. Jago و همکاران (1976) نشان دادند که افزودن فراورده‌های سیب‌زمینی به خمیر نانویی باعث بهبود کیفیت نان می‌شود [10]. Bailey (1976) گزارش نمود که افزودن 3 درصد پودر سیب‌زمینی در تولید نان، در بهبود استحکام خمیر، افزایش رطوبت مغز نان و افزایش زمان ماندگاری آن تاثیر گذار است [18]. Misra و همکاران (2003) به‌منظور تولید آرد سیب‌زمینی مناسب، روش پخت تحت فشار و خشک کردن در خشک‌کن‌های سینی‌دار را پیشنهاد نمودند [13]. از افزودنی‌های مناسب دیگری که امروزه به‌منظور افزایش ظرفیت نگهداری آب محصول و تعویق بیاتی در فرایند تولید نان مورد استفاده قرار می‌گیرند، هیدروکلئیدها یا صمغ‌ها هستند که یکی از کاربردی‌ترین آن‌ها، زانتان می‌باشد [15]. زانتان نوعی پلی ساکارید میکروبی، متشکل از اتصالات (4 → 1) B-D گلوکز و زنجیره‌های جانبی (دو مولکول مانوز و یک واحد اسید گلوکورونیک) است که به شکل پودر سفید محلول در آب سرد و گرم موجود می‌باشد [19 و 8]. نوع و مقدار مصرف هیدروکلئیدها در تهیه نان وابسته به نوع نان و همچنین خصوصیات آرد مورد استفاده است. به‌طور معمول، استفاده از هیدروکلئیدها در تهیه نان‌های حجیم، به‌منظور بهبود بافت، تقویت شبکه گلوتهنی، ایجاد نرمی، یکنواختی و به تعویق انداختن بیاتی می‌باشد [2]. Collar و همکاران (1999) گزارش نمودند که افزودن صمغ زانتان به خمیر نان گندم، سبب افزایش مقاومت خمیر در برابر کشش می‌گردد [7]. Rosell و همکاران (2001) تاثیر افزودن مقادیر 0/1 و 0/5 درصد از صمغ‌های مختلف (آلژینات سدیم، کاپا کاراگینان، زانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز) را بر فرمولاسیون نان گندم بررسی نمودند. با توجه به نتایج، صمغ‌های زانتان و آلژینات، بیش‌ترین تاثیر را بر بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر داشتند به‌طوری که سبب افزایش استحکام خمیر مصرفی شدند. به‌علاوه تمامی صمغ‌ها (به جز آلژینات) سبب افزایش حجم

اهمیت نان در سبد غذایی مردم و نقش آن در تغذیه و سلامت جامعه برکسی پوشیده نیست. نان غذای اصلی و پایه مردم بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل داده و روزانه قسمت اعظم انرژی، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین‌های گروه B موردنیاز آن‌ها را تأمین می‌نماید. در ایران حدود 60-65 درصد پروتئین و کالری و همچنین حدود 3-2 گرم املاح معدنی و قسمت اعظم نمک طعام مورد نیاز روزانه از خوردن نان تأمین می‌گردد [1]. کیفیت نان تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر افزودنی‌ها و بهبود دهنده‌ها قرار می‌گیرد که از مهم‌ترین این ترکیبات می‌توان به آرد سیب‌زمینی اشاره نمود. آرد سیب‌زمینی با خشک کردن پرک سیب‌زمینی پخته توسط خشک‌کن‌های استوانه‌ای و به کمک هوای داغ تولید می‌گردد. تحقیقات زیادی در مورد کاربرد آرد سیب‌زمینی در صنایع شیرینی‌پزی و نقش آن در بهبود خواص محصول نظیر طعم، حجم، عطر، رنگ و کیفیت ماندگاری انجام شده است [20 و 14 و 5]. اولین کاربرد آرد سیب‌زمینی در صنایع نان می‌باشد زیرا یکی از بهترین جایگزین‌های آرد گندم در تولید نان بوده و سازگاری مناسبی با آن دارد. نانو‌ها در گذشته به‌طور سنتی از سیب‌زمینی‌های پوست‌گیری شده، پخته و خمیر شده در تهیه نان استفاده می‌کردند تا علاوه بر خوش طعم کردن نان، تازگی آن را بهبود بخشند. در واقع نقش اصلی آرد سیب‌زمینی در خمیر نان، بهبود تخمیر و کمک به خمیرمایه می‌باشد، زیرا آرد سیب‌زمینی اکثر ترکیبات مغذی لازم (نظیر کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و مواد معدنی) برای فعالیت خمیر مایه را دارد. عمده‌ترین کربوهیدرات آرد سیب‌زمینی را نشاسته تشکیل می‌دهد که طی پخت سیب‌زمینی، نشاسته ژلاتینه شده و به‌صورت محلول در می‌آید [4]. باید توجه داشت که آرد سیب‌زمینی و نشاسته سیب‌زمینی دو محصول متفاوت بوده و نبایستی آن‌ها را مشابه یکدیگر تلقی نمود. در حقیقت آرد سیب‌زمینی محصول پخته خشک‌شده‌ای است که حاوی تمام ترکیبات سیب‌زمینی، به‌طور کامل و دست نخورده، به استثناء پوسته آن می‌باشد، در حالی که نشاسته سیب‌زمینی، محصولی با خلوص بالا و عاری از سایر مواد تشکیل‌دهنده آن است [18 و 11]. ترکیب شیمیایی آرد سیب‌زمینی، همانند سیب‌زمینی خام بوده با این تفاوت که

افزایش حجم نان، افزایش ظرفیت نگهداری آب و فعالیت آبی گردیدند [16]. Lazaridou و همکاران (2007) تاثیر افزودن 1 و 2 درصد از صمغ‌های مختلف (پکتین، کربوکسی متیل سلولز، آگاروز، زانتان و بتاگلوکان) را بر ویژگی‌های خمیر و خواص کیفی نان‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و ذرت بررسی نمودند. با توجه به نتایج، صمغ زانتان بیش‌ترین تاثیر را بر خواص ویسکوالاستیک خمیر و افزایش استحکام آن داشت. به‌علاوه با افزایش میزان مصرف صمغ‌ها از 1 به 2 درصد، حجم نان‌های تولیدی با کاهش همراه بود [12]. نظر به این‌که ضایعات نان در ایران در اثر بیات شدن حدود 20-25 درصد برآورد می‌شود، لازم است با تغییراتی در فرمولاسیون و اصلاح روش‌های تولید و نگهداری، از وقوع آن جلوگیری شود. لذا در این پژوهش تاثیر افزودنی‌هایی نظیر آرد سیب‌زمینی و هیدروکلئید زانتان، بر افزایش جذب آب و تأخیر در میزان بیاتی نان، مورد بررسی قرار گرفته‌است.

مواد و روش‌ها

1-2- مواد مورد استفاده

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل آرد گندم نول (مخصوص نان‌تست)، با درجه استخراج 68 درصد، تهیه‌شده از شرکت نان سحر، آرد سیب‌زمینی، تهیه‌شده از شرکت شکوفه فام آمل، صمغ زانتان، محصول شرکت Telson چین، مخمر نانویی خشک (ساکارومایسس سرویزیه) تهیه‌شده از شرکت ایران ملاس، نمک، محصول شرکت هدیه، شکر، آب و روغن، تهیه‌شده از یکی از فروشگاه‌های شهروند، واقع در شهر تهران بودند. جدول 1 فرمولاسیون نمونه‌های نان تهیه‌شده و علائم اختصاری آن‌ها را نمایش می‌دهد.

2-2- روش‌ها

1-2-2- آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های آرد

آزمون‌های شیمیایی به‌عمل آمده روی آرد گندم و آرد سیب‌زمینی، شامل رطوبت (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره 16-44)، خاکستر (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره 01-08)، پروتئین (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره 12-46)، فیبر (طبق استاندارد

2-2-2- آزمون‌های رئولوژیکی خمیر

آزمون‌های رئولوژیکی، ویژگی‌ها و پایداری خمیر را در برابر عمل آمیختن و تنش کششی نشان می‌دهند. آزمایش‌های رئولوژیکی خمیر شامل آزمون‌های فارینوگرافی (روش استاندارد AACC به شماره 21-54) و اکستنسوگرافی (روش استاندارد ICC به شماره 114) بودند که توسط دستگاه‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف (Brabender ساخت کشور آلمان) انجام شدند [9 و 6].

2-2-3- روش تولید نان تست و چگونگی پخت آن

به‌منظور تولید نان تست، ابتدا آرد سیب‌زمینی در سطوح مختلف 0/5 و 10 و 15 درصد و هم‌چنین صمغ زانتان در سطوح 0/5 و 1 درصد به آرد گندم نول اضافه و در مخزن خمیرگیر به مدت 10 دقیقه به‌طور یکنواخت مخلوط شدند. سپس سایر مواد خشک و پودری به مخلوط اضافه‌گردیدند. آن‌گاه آب به مخلوط اضافه و پس از اختلاط کامل آرد و آب و تشکیل توده فرم‌پذیر خمیر، استراحت اولیه نمونه‌ها به مدت 10 دقیقه صورت گرفت. سپس قطعاتی از خمیر به وزن تقریبی 450 گرم، چانه‌گیری و گرد گردید و دوباره پس از 10 دقیقه استراحت، تخمیر میانی انجام شد. در نهایت چانه‌های خمیر وارد اتاقک تخمیر شدند تا مرحله تخمیر نهایی در درجه حرارت 30 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 80 درصد به مدت 40 دقیقه انجام شود. سپس قالب‌های نان وارد فر گردان (فرگردان با سیستم بخار مخصوص پخت نان‌تست و انواع نان‌های شیرین، ساخت کشور ایران، گروه صنعتی راک) با دمای 220-230 درجه سلسیوس گردیدند. مدت زمان پخت نمونه‌های نان‌تست در حدود 45 دقیقه بود [1].

2-2-4- بررسی میزان سفتی بافت مغز نان تست

میزان سفتی بافت داخلی نان (طبق استاندارد بین المللی AACC به شماره 09-74) با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل M350-10CT ساخت انگلیس) صورت پذیرفت. این آزمون در فواصل زمانی یک تا سه روز پس از پخت نان‌ها

جدول (1) تیمارهای مورد استفاده در آزمون

| نمایه هر تیمار | تیمارها |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| C | نمونه شاهد (دارای آرد گندم نول، فاقد آرد سیبزمینی و صمغ زانتان) |
| P ₁ | نمونه حاوی 5 درصد آرد سیبزمینی و 0/5 درصد صمغ زانتان نسبت به وزن کل آرد گندم نول |
| P ₂ | نمونه حاوی 10 درصد آرد سیبزمینی و 0/5 درصد صمغ زانتان نسبت به وزن کل آرد گندم نول |
| P ₃ | نمونه حاوی 15 درصد آرد سیبزمینی و 0/5 درصد صمغ زانتان نسبت به وزن کل آرد گندم نول |
| P ₄ | نمونه حاوی 5 درصد آرد سیبزمینی و 1 درصد صمغ زانتان نسبت به وزن کل آرد گندم نول |
| P ₅ | نمونه حاوی 10 درصد آرد سیبزمینی و 1 درصد صمغ زانتان نسبت به وزن کل آرد گندم نول |
| P ₆ | نمونه حاوی 15 درصد آرد سیبزمینی و 1 درصد صمغ زانتان نسبت به وزن کل آرد گندم نول |

آموزش دیده نسبت به محصول بود. در این تحقیق، نمونه‌های نان پس از خنک شدن، برش و کدگذاری گردیدند و توسط ده نفر ارزیاب آموزش دیده بررسی شدند. در روز اول پخت، داوران حسی (پانلیست‌ها) امتیاز مشخصی را نسبت به حداکثر امتیاز که 10 بود، بر اساس فرم ارزشیابی مربوطه، برای نمونه‌های نان در نظر گرفتند [1].

2-2-7- روش تجزیه و تحلیل آماری

به منظور انجام آزمایش و تجزیه تحلیل داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن و با استفاده از نرم افزار MSTATC در سطح احتمال 1٪ انجام گردید.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های آرد

در جدول 2 نتایج آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های آرد گندم و سیبزمینی نشان داده شده است.

3-2- نتایج آزمون فارینوگرافی نمونه‌های خمیر

جدول 3 نتایج آزمون فارینوگراف را برای نمونه‌های خمیر نان تست نمایش می‌دهد.

با توجه به جدول 3، تیمار شاهد از کم‌ترین و تیمار P₆ و سپس P₃ از بیش‌ترین میزان جذب آب برخوردار بودند. بیش‌تر بودن میزان جذب آب در تیمارهای P₆ و P₃ به ماهیت نشاسته سیبزمینی نسبت داده می‌شود؛ زیرا آرد سیبزمینی به دلیل

در سه تکرار انجام گرفت. به این ترتیب که نمونه‌ها به‌طور جداگانه داخل کیسه‌های پلاستیکی در دمای محیط نگهداری شدند و سپس جهت ارزیابی توسط دستگاه بافت‌سنج، از قسمت مغز آن‌ها برش‌هایی در ابعاد تقریبی 2cm×2cm جدا گردید. مقادیر نیرو (مقدار نیرویی که باید فک بالایی دستگاه به نمونه وارد کند) معادل 40 درصد ضخامت نمونه‌های نان در نظر گرفته شد به گونه‌ای که نمونه‌ها را 8 میلی‌متر فشرده نماید. هم‌چنین میزان سرعت حرکت فک بالایی، 30 میلی‌متر در دقیقه تنظیم گردید. قابل توجه این‌که در این آزمون از پروب صفحه‌ای استفاده شد [6].

2-2-5- آزمون بیاتی نان به روش حسی

در این آزمون، نمونه‌های نان، برش داده‌شده و کدگذاری گردیدند آن‌گاه در اختیار ده نفر از داوران چشایی قرار داده شدند. داوران نمونه‌ها را در روزهای اول، دوم و سوم پس از پخت، ارزیابی و امتیازها را در فرم‌های مخصوص ثبت نمودند. در فرم مذکور برای نان بسیار تازه، امتیاز 6، نان تازه، امتیاز 5، نان کمی تازه، امتیاز 4، نان کمی بیات، امتیاز 3، نان بیات، امتیاز 2 و نان بسیار بیات، امتیاز 1 در نظر گرفته شده بود [1].

2-2-6- ارزیابی حجم نمونه‌های نان تست به روش حسی

به منظور ارزیابی حجم نمونه‌های نان تست به روش حسی، از تجزیه و تحلیل خصوصیات نان با کاربرد حواس پنجگانه استفاده گردید. ملاک عمل، نظر و تمایل شخصی افراد متخصص و

جدول (2) میانگین ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم نول و آرد سیب‌زمینی مصرف‌شده در تولید نان تست

| نوع ماده | رطوبت (%) | خاکستر (%) | پروتئین (%) | فیبر (%) | pH |
|---------------|-----------|------------|-------------|----------|-----|
| آرد گندم نول | 11/73 | 0/39 | 9/5 | 0/107 | 5 |
| آرد سیب‌زمینی | 6/04 | 3/19 | 10/49 | 1/36 | 6/1 |

جدول (3) نتایج مقایسه میانگین آزمون فارینوگراف در نمونه‌های خمیر نان تست

| تیمار | میزان جذب آب (%) | زمان گسترش خمیر (min) | زمان پایداری خمیر (min) | درجه سست شدن خمیر بعد از 10 دقیقه (B.U) | درجه سست شدن خمیر بعد از 20 دقیقه (B.U) | کیفیت فارینوگراف (والوریتمری) |
|----------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| C | 55/40 ^f | 2 ^g | 3 ^b | 80 ^a | 100 ^a | 46/62 ^e |
| P ₁ | 61 ^e | 2/5 ^f | 3/5 ^a | 60 ^b | 100 ^a | 52/21 ^d |
| P ₂ | 62/80 ^d | 3/5 ^d | 3 ^b | 60 ^b | 90 ^b | 53/4 ^c |
| P ₃ | 66/4 ^{ab} | 4 ^c | 3 ^b | 50 ^c | 70 ^d | 53/33 ^e |
| P ₄ | 63/60 ^c | 3 ^e | 3 ^b | 30 ^d | 80 ^c | 60/7 ^b |
| P ₅ | 66 ^b | 4/5 ^b | 3 ^b | 25 ^e | 50 ^e | 62/11 ^a |
| P ₆ | 67 ^a | 5/5 ^a | 3 ^b | 25 ^e | 40 ^f | 62/10 ^a |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال 1٪ اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند. C: نمونه شاهد (دارای آرد گندم نول، فاقد آرد سیب‌زمینی و صمغ زانتان)، P₁: نمونه حاوی 5 درصد آرد سیب‌زمینی و 0/5 درصد زانتان، P₂: نمونه حاوی 10 درصد آرد سیب‌زمینی و 0/5 درصد زانتان، P₃: نمونه حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی و 0/5 درصد زانتان، P₄: نمونه حاوی 5 درصد آرد سیب‌زمینی و 1 درصد زانتان، P₅: نمونه حاوی 10 درصد آرد سیب‌زمینی و 1 درصد زانتان، P₆: نمونه حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی و 1 درصد زانتان

نشان داد. آن‌ها گزارش نمودند، افزودن صمغ‌های گوار، کاراگینان، (هیدروکسی پروپیل متیل سلولز) HPMC، آلژینات سدیم و زانتان به فرمولاسیون نان حجیم، سبب افزایش زمان گسترش خمیر می‌گردد [15]. با توجه به جدول 3، بیش‌ترین زمان پایداری خمیر برای تیمار P₁ محاسبه شد، اما بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (p<0/01). از نظر درجه سست شدن خمیر پس از 10 دقیقه، تیمار شاهد از بیش‌ترین و تیمارهای P₅ و P₆ (فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر) از کم‌ترین مقدار برخوردار بودند. قابل توجه این که تیمارهای حاوی 1 درصد زانتان نسبت به تیمارهای حاوی 0/5 درصد زانتان از درجه سست شدن کم‌تری برخوردار بودند. با توجه به نتایج، افزایش میزان صمغ زانتان در حضور آرد سیب‌زمینی، سبب تقویت ساختار خمیر و کاهش درجه سست شدن آن‌ها گردید که دلیل آن مربوط به ساختار افزودنی‌های مذکور و

داشتن نشاسته‌ای با خصوصیات منحصر به فرد، منجر به افزایش جذب آب در محصول می‌گردد [10]. از سوی دیگر برتری تیمار P₆ نسبت به P₃ به دلیل حضور هم‌زمان آرد سیب‌زمینی و 1 درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون تیمار مذکور می‌باشد. با توجه به جدول (3) تمامی تیمارها از نظر زمان گسترش خمیر، نسبت به خمیر شاهد اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند و بیش‌ترین زمان گسترش خمیر برای تیمار P₆ محاسبه شد. قابل توجه این که با افزایش میزان آرد سیب‌زمینی، فاکتور مذکور افزایش یافت. از سوی دیگر افزایش میزان صمغ زانتان سبب افزایش فاکتور مذکور گردید به گونه‌ای که تیمارهای حاوی 1 درصد زانتان (P₄، P₃ و P₆) نسبت به تیمارهای حاوی 0/5 درصد زانتان (به ترتیب P₁، P₂ و P₃) از زمان گسترش بیش‌تری برخوردار بودند (p<0/01). نتایج حاصل از تحقیق با نتایج تحقیقات Rojas و همکاران در سال 1999 مطابقت

یعنی P_1 و P_3 از میزان انرژی بیش‌تری برخوردار بودند. به نظر می‌رسد دلیل آن ایجاد کمپلکس قوی بین نشاسته آرد و شبکه گلوتهنی تقویت‌شده در حضور صمغ باشد که سبب استحکام و قوت خمیر و افزایش انرژی خمیر به‌منظور کشیدن آن گردید. تحقیقات مختلفی نشان داده‌اند که انرژی لازم برای کشش خمیر (سطح زیر منحنی) با افزودن هیدروکلئیدها تغییر می‌یابد [2]. Rosell و همکاران در سال 2001 در تحقیق خود گزارش نمودند که افزودن 1 درصد از صمغ‌های مختلف در تولید نان، سبب تقویت، استحکام و افزایش انرژی خمیر می‌گردد [16]. با توجه به جدول 4، از نظر فاکتور مقاومت به کشش بین تیمارها با تیمار شاهد در هر سه بازه زمانی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. به گونه‌ای که طی زمان تخمیری 45 دقیقه، تیمار P_4 از بیش‌ترین و تیمار C از کم‌ترین، طی زمان تخمیر 90 دقیقه تیمار P_6 از بیش‌ترین و تیمار C از کم‌ترین، هم‌چنین طی زمان تخمیر 135 دقیقه تیمار P_6 از بیش‌ترین و تیمار P_3 از کم‌ترین مقدار مقاوت به کشش برخوردار بودند. Rosell و همکاران در سال 2001، تاثیر صمغ‌های زانتان و گوار را بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر بررسی نمودند. با توجه به نتایج، صمغ‌های مذکور سبب افزایش مقاوت به کشش، در نمونه‌های خمیر گردیدند [16]. با توجه به جدول 4، بیش‌ترین مقدار قابلیت کشش خمیر در هر سه بازه زمانی تخمیر 45، 90 و 135 دقیقه، به تیمار C و کم‌ترین مقدار فاکتور مذکور در زمان‌های 45 و 135 دقیقه به تیمار P_6 تعلق گرفت ($p < 0/01$). همانطور که ملاحظه می‌شود، تیمارهای حاوی 5 و 10 درصد آرد سیب‌زمینی (P_2, P_1, P_5, P_4) نسبت به تیمارهای حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی (P_6 و P_3) از قابلیت کشش بیش‌تری برخوردار بودند به گونه‌ای که با افزایش میزان آرد سیب‌زمینی، به علت افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش میزان چسبندگی و ایجاد حالت چرمی در خمیر، قابلیت کشش خمیر کاهش یافت [10]. قابل توجه این که Collar و همکاران (1999) در تحقیقات خود نشان دادند، به‌کارگیری صمغ زانتان در فرمولاسیون نان گندم سبب افزایش استحکام خمیر می‌گردد [7]. هم‌چنین با توجه به جدول 4، در هر سه بازه زمانی 45، 90 و 135 دقیقه، تیمار P_6 از بیش‌ترین و تیمار C از کم‌ترین میزان فاکتور ضریب کشش (نسبت مقاوت به

پیوند قوی آن‌ها با اجزاء آرد گندم می‌باشد [10]. از نظر درجه سست شدن خمیر پس از 20 دقیقه، بیش‌ترین مقدار برای تیمارهای شاهد و P_1 (فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر) و کم‌ترین مقدار برای تیمار P_6 محاسبه شد. با توجه به نتایج، تیمارهای حاوی 1 درصد زانتان نسبت به تیمارهای حاوی 0/5 درصد زانتان هم‌تراز خود از درجه سست شدن کم‌تری برخوردار بودند ضمن این‌که افزایش آرد سیب‌زمینی نیز سبب کاهش فاکتور مذکور شد، به‌طوری که در مقدار صمغ ثابت، تیمارهای حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی نسبت به تیمارهای حاوی 10 درصد آرد سیب‌زمینی و تمامی تیمارهای حاوی 10 درصد آرد سیب‌زمینی نسبت به تیمارهای حاوی 5 درصد آرد سیب‌زمینی از درجه سست شدن کم‌تری برخوردار بودند. با توجه به جدول 3 بیش‌ترین میزان والوریمتری به ترتیب برای تیمارهای P_5 و P_6 (عدم اختلاف معنی‌دار با هم) و کم‌ترین آن برای تیمار شاهد محاسبه شد. به عبارت دیگر در تمامی نمونه‌های نان تست که در آن‌ها از آرد سیب‌زمینی و صمغ زانتان استفاده گردید، در مقایسه با نمونه شاهد، عدد والوریمتری افزایش یافت و از لحاظ این فاکتور بین کلیه تیمارها با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد.

3-3- نتایج آزمون اکستنسوگراف نمونه‌های خمیر

جدول 4 نتایج آزمون اکستنسوگراف را برای نمونه‌های خمیر نان تست نمایش می‌دهد.

ویژگی مساحت یا انرژی، همان سطح زیرمنحنی است که نشان‌دهنده کل انرژی مصرفی به‌منظور کشیدن خمیر می‌باشد. مطابق جدول 4، در بازه زمانی 45 دقیقه، تیمار C از بیش‌ترین و تیمار P_5 از کم‌ترین میزان انرژی برخوردار بودند ($0P/01 >$). هم‌چنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین فاکتور انرژی طی زمان‌های تخمیر 90 و 135 دقیقه، تیمار شاهد از بیش‌ترین و تیمار P_3 از کم‌ترین میزان انرژی برخوردار بودند ($p < 0/01$). به نظر می‌رسد دلیل آن، فقدان گلوتهن در آرد سیب‌زمینی و در نتیجه کاهش استحکام و قوت خمیر و در نتیجه کاهش انرژی خمیر به‌منظور کشیدن آن باشد. قابل توجه این که در زمان‌های تخمیری 45 و 90 دقیقه، تیمارهای P_6 و P_4 هم به ترتیب نسبت به تیمارهای هم‌تراز خود یعنی

کشش به قابلیت کشش) برخوردار بودند ($p < 0/01$). با توجه به جدول 5، 24 ساعت پس از پخت تیمار P_6 از

بیشترین و تیمار P_1 از کمترین میزان بیاتی برخوردار بودند

($p < 0/01$). همان طور که ملاحظه می شود، تیمارهای حاوی 5 و

3-4- نتایج آزمون بافت سنجی (آزمون نفوذ)

در جدول 5 نتایج مقایسه میانگین آزمون بافت سنجی نمونه ها 10 درصد آرد سیبزمینی (P_1 و P_2). نسبت به سایر تیمارها از پس از 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت نشان داده شده است. نرم ترین بافت و کمترین میزان بیاتی برخوردار بودند، زیرا آرد

جدول (4) نتایج مقایسه میانگین آزمون اکستنسوگراف در نمونه های خمیر نان تست

| تیمار | A (cm ²) | A (cm ²) | A (cm ²) | R50 (B.U) | R50 (B.U) | R50 (B.U) | E (mm) | E (mm) | E (mm) | R50/E (B.u/mm) | R50/E (B.u/mm) | R50/E (B.u/mm) |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 135´ | 90´ | 45´ | 135´ | 90´ | 45´ | 135´ | 90´ | 45´ | 135´ | 90´ | 45´ |
| C | 66/11 ^a | 60/10 ^a | 51/6 ^a | 375/29 ^e | 415/72 ^f | 390/82 ^d | 108/75 ^a | 123/41 ^a | 105/41 ^a | 3/04 ^e | 4/14 ^g | 3/71 ^d |
| P_1 | 60/10 ^b | 56/20 ^c | 51/6 ^a | 400/51 ^b | 440/61 ^d | 410/47 ^c | 97/52 ^b | 100/31 ^c | 113/17 ^b | 3/53 ^d | 4/40 ^e | 4/22 ^c |
| P_2 | 53/20 ^c | 55/17 ^d | 50/32 ^b | 390/47 ^c | 430/25 ^e | 430/31 ^b | 102/65 ^b | 105/67 ^c | 105/67 ^c | 3/71 ^c | 4/21 ^f | 4/62 ^b |
| P_3 | 52/11 ^d | 43/18 ^f | 37/41 ^e | 390/47 ^c | 440/61 ^d | 370/71 ^f | 78/55 ^g | 103/41 ^d | 370/71 ^f | 3/78 ^c | 5/7 ^d | 4/62 ^b |
| P_4 | 60/10 ^b | 58/41 ^d | 38/17 ^d | 410/25 ^a | 475/61 ^b | 380/85 ^e | 93/15 ^e | 103/37 ^d | 380/85 ^e | 3/98 ^b | 5/1 ^c | 4/22 ^c |
| P_5 | 50/21 ^e | 54/35 ^e | 40/25 ^c | 390/47 ^c | 450/37 ^c | 380/61 ^e | 96/11 ^d | 98/52 ^e | 380/61 ^e | 3/97 ^b | 4/68 ^d | 4/47 ^d |
| P_6 | 60/10 ^b | 58/41 ^b | 50/32 ^b | 380/61 ^d | 540/21 ^a | 520/25 ^a | 84/41 ^f | 78/25 ^f | 520/25 ^a | 4/87 ^a | 6/4 ^a | 6/9 ^a |

A: انرژی مصرفی یا سطح زیر منحنی، R50: مقاومت به تغییر پایداری بعد از 50 mm کشش، E: قابلیت کشش در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال 1٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول (5) مقایسه میانگین آزمون بافت سنجی نمونه های نان تست (نیوتن)

| تیمار | نرمی بافت طی 24 ساعت پس از پخت | نرمی بافت طی 48 ساعت پس از پخت | نرمی بافت طی 72 ساعت پس از پخت |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| C | 5/278 ^f | 7/307 ^d | 7/755 ^d |
| P_1 | 1/571 ^a | 2/357 ^a | 3/352 ^a |
| P_2 | 3/951 ^b | 6/573 ^c | 7/279 ^c |
| P_3 | 4/21 ^d | 5/701 ^b | 6/004 ^b |
| P_4 | 4/053 ^c | 5/711 ^b | 9/336 ^e |
| P_5 | 4/490 ^e | 9/598 ^e | 10/10 ^f |
| P_6 | 6/336 ^g | 10/62 ^f | 15/49 ^g |

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 1٪ اختلاف معنی دار ندارند

پخت، تیمار P_6 و شاهد از بیش‌ترین و تیمار P_1 از کم‌ترین میزان بیاتی، 48 ساعت پس از پخت، تیمار P_6 از بیش‌ترین و تیمار P_1 از کم‌ترین میزان بیاتی و تیمارهای P_4, P_5, P_6 از بیش‌ترین و تیمار P_1 از کم‌ترین میزان بیاتی برخوردار بودند ($p < 0/01$).

3-6- نتایج ارزیابی حجم نان تست به روش حسی

در جدول 7 نتایج مقایسه میانگین ارزیابی میزان حجم به روش حسی در نمونه‌های نان تست ارائه شده است.

با توجه به جدول 7، تیمار شاهد از بالاترین و تیمار P_6 از کم‌ترین امتیاز مربوط برخوردار بودند ($p < 0/01$). دلیل زیاد بودن حجم در نان شاهد، حضور گلوتن بیش‌تر در فرمولاسیون آن می‌باشد زیرا نان شاهد به‌طور کامل از آرد گندم نول تهیه گردید و فاقد آرد سیب‌زمینی (نوعی آرد بدون گلوتن) بود. همچنین با افزایش میزان صمغ زانتان، حجم نمونه‌ها کاهش یافت، یعنی حجم تیمار P_4 بیش‌تر از P_4 و حجم تیمار P_3 بهتر از P_6 بود. نتایج حاصل از تحقیق با نتایج مطالعات Lazaridou و همکاران در سال 2007 مطابقت نشان داد، آن‌ها اعلام نمودند، استفاده از مقادیر زیادتر زانتان در مقایسه با مقادیر کم‌تر آن موجب افزایش الاستیسیته بافت و کاهش حجم نان می‌گردد [12]. همچنین Schober و همکاران در سال 2005 در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از سطوح بالاتر صمغ زانتان در نمونه‌های نان فاقد گلوتن سبب افت حجم نان می‌شود [12]. دلیل نتایج حاصل به وجود گروه‌های هیدروکسیل در صمغ زانتان و ایجاد پیوندهای بسیار پایدار و مستحکم در فرمولاسیون نان تست و در نتیجه افزایش الاستیسیته، ایجاد حفره‌های درشت‌تر با دیواره ضخیم‌تر، بافت گلوله‌ای با درصد رطوبت بالا نسبت داده می‌شود [10].

4- نتیجه گیری

با توجه به نتایج، افزودن سطوح مختلف صمغ زانتان و آرد سیب‌زمینی، اثرات متفاوتی بر پارامترهای رئولوژیکی و بافت نان‌های تست تولیدی داشت. در مجموع نمونه‌های نان تست حاوی 5 درصد آرد سیب‌زمینی و 0/5 درصد صمغ زانتان وضعیت مطلوب‌تری از لحاظ ویژگی بیاتی در مقایسه با

سیب‌زمینی با توجه به دارا بودن مقادیر زیاد نشاسته، رطوبت را برای مدت زمان بیش‌تری نگهداری می‌کند و نرمی نان را برای مدت زمان بیش‌تری حفظ می‌نماید. این اثر به آمیلو پکتین سیب‌زمینی نسبت داده می‌شود که زنجیره جانبی طولانی‌تری نسبت به آمیلو پکتین غلات دارد [7]. افت نسبی نرمی بافت در تیمارهای حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی، به جذب بیش از اندازه آب توسط آرد مذکور و در نتیجه ایجاد بافت گلوله‌ای نسبت داده می‌شود. به گونه‌ای که مقادیر 15 درصد آرد سیب‌زمینی در نان سبب ایجاد بافت متراکم در خمیر گردید و این مسئله منجر به ایجاد حفره‌هایی با دیواره ضخیم در نان شد. Jain و Sherman در سال 1976 در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافته بودند [7]. همچنین تیمارهای حاوی 0/5 درصد زانتان (P_3, P_2, P_1) دارای بافتی نرم‌تر و میزان بیاتی کم‌تری نسبت به تیمارهای حاوی 1 درصد زانتان بودند که این نتیجه با مطالعات Lazaridou و همکاران در سال 2007 مطابقت نمود [12]. قابل توجه این که تیمار P_6 حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی به همراه 1 درصد زانتان، به عنوان بیات‌ترین نان طی 24 ساعت پس از پخت معرفی گردید. علت آن حضور هم‌زمان حداکثر مقدار آرد سیب‌زمینی (15 درصد) و زانتان (1 درصد) می‌باشد که منجر به تجمع بیش از حد رطوبت در بافت نان گردید [1]. در مورد مکانیسم و اثر صمغ‌ها نیز عقاید و نظرات مختلفی وجود دارد. از یک سو تصور می‌شود آبی که توسط مواد متورم کننده برداشت می‌شود، در فرآیند پخت آزاد شده و در اختیار نشاسته جهت ژلاتینه شدن قرار می‌گیرد؛ از سوی دیگر ثابت گردیده است هیدروکلوئیدها در برداشت آب در خمیر با نشاسته رقابت کرده و باعث کاهش آب‌گیری آن می‌گردند [16]. همچنین 48 و 72 ساعت پس از پخت، تیمار P_6 (دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها) از سفت‌ترین و تیمار P_1 از نرم‌ترین بافت برخوردار بودند ($p < 0/01$).

3-5- نتایج ارزیابی بیاتی

در جدول 6 نتایج مقایسه میانگین ارزیابی میزان بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان تست ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول 6، 24 ساعت پس از

سایر نمونه‌ها داشتند. همچنین رابطه مثبتی بین افزودن آرد سیب‌زمینی و صمغ زانتان با خصوصیات فارینوگرافی مشاهده شد، به طوری که نمونه‌های حاوی 15 درصد آرد سیب‌زمینی و 1 درصد زانتان، از بیش‌ترین درصد جذب آب، زمان گسترش خمیر و عدد والوریمتری نسبت به تیمار شاهد و سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. همچنین بین خصوصیات اکستنسوگرافی، سطوح مختلف آرد سیب‌زمینی و زانتان بیش‌ترین تاثیر را بر فاکتور مقاومت به کشش اعمال نمودند، به گونه‌ای که غنی‌سازی با مواد مذکور سبب افزایش مقاومت به کشش نمونه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد گشت. همچنین با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی حجم، تیمار شاهد (فاقد آرد سیب‌زمینی و صمغ زانتان) از بیش‌ترین امتیاز برخوردار بود. قابل توجه این‌که حضور 0/5 درصد زانتان در مقایسه با 1 درصد از صمغ مذکور، سبب افزایش بیش‌تر حجم نمونه‌های حاوی آن‌ها گردید.

جدول (6) نتایج مقایسه میانگین ارزیابی میزان بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان تست

| تیمار | | | | | | | زمان |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
| P ₆ | P ₅ | P ₄ | P ₂ | P ₂ | P ₁ | C | |
| 4 ^f | 4/8 ^e | 5/3 ^c | 5 ^d | 5/5 ^b | 6 ^a | 4/1 ^f | 24 |
| 3/5 ^e | 4 ^d | 5/3 ^b | 5/3 ^b | 5/1 ^b | 6 ^a | 4/8 ^c | 48 |
| 3 ^e | 3/2 ^e | 3/5 ^e | 5 ^b | 4/3 ^c | 5/5 ^a | 4 ^d | 72 |

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 1٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول (7) نتایج مقایسه میانگین ارزیابی میزان حجم به روش حسی در نمونه‌های نان تست

| C | P ₁ | P ₂ | P ₂ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | تیمار |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 9/6 ^a | 9/3 ^b | 8/8 ^d | 8/7 ^e | 9/2 ^c | 8/8 ^d | 8/5 ^f | حجم |

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 1٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

منابع

- [1] رجب زاده، ن. (1387) تکنولوژی نان. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ص 341-344.
- [2] موحد، س. (1390). علم نان. مرز دانش، ص 182.
- [3] مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استانداردهای 37 و 3105.
- [4] مظاهری، م.، رضوی، م.، حبیبی، م. (1376) روش‌های تولید، ترکیب شیمیایی و مصارف آرد سیب‌زمینی، اقتصاد کشاورزی، شماره 17.
- [5] موسویان، ح.، امیدوار، س.، نوعی، ح. (1387) بررسی تغییرات ویژگی‌های پودر سیب زمینی تولیدشده توسط توان‌های مختلف مایکروویو. هجدهمین کنگره علوم و صنایع غذایی، خراسان رضوی.
- [6] AACC. (2003). Approved methods of analysis of the American association of Cereal Chemists, St. Paul.MN US
- [7] Collar, C., Andreua, P., Martinez, J.C. & Armeroa, E. (1999). Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food Hydrocolloids.*, 13, 467-475.

- [18] Treadway, R.H.(1960). Recent research and development in potato flour and potato, 44th Annual Meeting of the Potato Association of America. *Green Lake, Wisconsin*:25-29.
- [19] Wassermann, L., (2009). Improvers action and application, Wissensforum *Backwaren, Bonn-Wien*, pp 1-8.
- [20] Yadav, A., Guha, M.R., Tharanathan, R.N. & Ramteke R.S.(2006). Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. *European Food Research and Technology*., 23,553-560.
- [8] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. & Galotto M.J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*., 18, 241-247.
- [9] ICC.(1992). International Cereal Chemistry-Standard, 1972 NO 15 and NO 114/1 Revised 1992.
- [10] Jain, S. & Sherman, P.(1976). The influence on bread texture of potato products. *Journal of Texture Studies*.,7,297-311.
- [11] Kotoki, D. & Deka, S.C.(2010). Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *Journal of Food Science and Technology*., 47(1),128-131.
- [12] 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.
- [13] Misra, A. & Kulshreshta, K.(2003). Potato flour incorporation in biscuit manufacture. *Plant Foods for Human Nutrition*., 58,1-9.
- [14] Movahed, S., Rooshenas, G., Ahmadi Chenarbon, H. (2012). Evaluation of the effect of yeast-salt method on dough yield, bread yield and organoleptic properties Iranian Lavash bread. *Annals of Biological Research*, 3(1), 595-600.
- [15] Rojas, J. A., Rosell, C.M. & Benedito de Barber, C.(1999). Pasting properties of different flour-hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*., 13, 27- 33.
- [16] Rosell, C.M., Rojas, J.A. & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*.,15,75-81.
- [17] Singh, J., Singh, N., Sharma, T.R. & Saxena, S.K.(2003). Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. *Food Chemistry*.,83,387-393.