بررسی تأثیر ترکیب گلوتن و نشاسته بر خصوصیات رئولوژیک خمیر و بافت نان بربری

سیما مهدویان[1*]، زهرا شیخ الاسلامی[2]، امیرحسین الهامی راد[3]، ابوالقاسم عبداله زاده[3]

[1]دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاداسلامی، سبزوار، ایران

[2]عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

[3]عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: 92/9/8 تاریخ پذیرش: 93/3/5

چکیده

بیاتی از جمله مسائلی است که از سالیان دراز توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف ساخته است. بدین منظور برای بررسی خصوصیات رئولوژی خمیر حاصل از آرد گندم از روش‌های متداولی استفاده می‌شود. کیفیت و کمیت محصولات صنایع پخت وابسته به میزان پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمون‌های رئولوژی است که این خود در ارتباط با مواد اولیه موجود در خمیر می‌باشد. از این‌رو هدف از انجام این پژوهش مقایسه خصوصیات رئولوژی خمیر حاوی 50 درصد آرد گندم و ترکیبی از سطوح متفاوت گلوتن (0، 5، 8، 10، 12، 15، 18 و 20 درصد) و نشاسته (0، 45، 42، 40، 38، 35، 32 و 30 درصد) با استفاده از آزمون‌های فارینوگراف و آمیلوگراف و ارزیابی بافت نان حاصل در فاصله زمانی 2، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت بود. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش میزان گلوتن در فرمولاسیون، میزان جذب آب، ثبات، زمان توسعه و ویسکوزیته خمیر بطور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت ($p<0.05$). از سوی دیگر دو نمونه حاوی به ترتیب 40 و 38 درصد نشاسته و 10 و 12 درصد گلوتن با کاهش دمای ژلاتیناسیون و شاخص مقاومت به مخلوط‌شدن قادر به کاهش میزان نیروی مورد نیاز برای پارگی و سفتی بافت به دلیل به تعویق افتادن فرآیند بیاتی شد و از سفتی کمتری در طی نگهداری برخوردار بودند. بنابراین انتخاب بهترین درصد اختلاط گلوتن و نشاسته می‌تواند سبب کاهش بیاتی و ضایعات محصولات صنایع پخت به عنوان قوت قالب اقشار مختلف جامعه و ایجاد بهره‌وری اقتصادی می‌گردد.

واژه های کلیدی: فارینوگراف، آمیلوگراف، ترکیب گلوتن با نشاسته، بافت‌سنج، نان بربری.

* مسئول مکاتبه: mahdavian.sima@gmail.com

1- مقدمه

در دنیای امروز آرد گندم پرمصرف‌ترین و شناخته‌شده‌ترین نوع آرد می‌باشد. اگرچه آرد گندم، مخلوط پیچیده‌ای از نشاسته، پروتئین، چربی، پنتوزان، آنزیم، مهارکننده‌های آنزیمی و مقدار جزئی اجزای دیگر است ولی اهمیت تکنولوژیکی آرد گندم را در اصل به پروتئین‌های گلوتنی آن نسبت می‌دهند که وجه تمایز آرد گندم با سایر آردها در وجود همین گلوتن می‌باشد و به دلیل نقش منحصر به فرد آن در کیفیت پخت گندم، پس از پروتئین سویا مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین پروتئین گیاهی در جهان به شمار می‌رود (1). بنابراین در تهیه محصولات صنایع پخت به ویژه نان که قوت قالب اقشار مختلف جامعه را تشکیل می‌دهد، ترکیب متناسب گلوتن با نشاسته اهمیت ویژه‌ای دارد (2). به منظور بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و تعیین درصد مناسب اختلاط این دو ماده در تهیه محصولات صنایع پخت، از روش-های مختلفی از جمله آزمون فارینوگراف و آمیلوگراف استفاده می‌شود.

در همین راستا نقوی و همکاران (1390) به مطالعه رابطه بین خواص رئولوژیکی گلوتن و رفتار فارینوگرافی خمیر پرداختند و در نهایت نتایج حاصل نشان داد که همبستگی معناداری بین شاخص‌های مدول الاستیک و تانژانت دلتا در آزمون رئومتری ژل گلوتنین ماکروپلیمر با شاخص‌های فارینوگرافی نظیر زمان گسترش خمیر، پایداری خمیر و عدد کیفی فارینوگراف وجود دارد (5) از سوی دیگر مرادی و همکاران (1389) کیفیت گلوتن آردهای تجاری ایران را با استفاده از روش‌های آلوئوگراف و فارینوگراف مورد ارزیابی و مقایسه قرار دادند و در نهایت بدین نتیجه رسیدند که کیفیت گلوتن موجود در آردهای مختلف در فاکتورهای آلوئوگراف از جمله میانگین مقادیر طولی در نقطه پارگی، اندیس کشش‌پذیری و اندیس بادکردگی و فاکتورهای فارینوگراف نظیر درصد جذب آب و زمان گسترش خمیر در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار (در سطح اطمینان 99 درصد) دارد (4) همچنین درس و همکاران (1988) به مطالعه خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای آرد گندم، گلوتن و ترکیب گلوتن و نشاسته پرداختند و گزارش نمودند که نسبت ترکیب گلوتن و نشاسته در محصولات صنایع پخت، بطور قابل ملاحظه‌ای بر روی فاکتورهایی از جمله جذب آب و دمای ژلاتیناسیون اثرگذار است و در نهایت این محققین بیان کردند که نسبت متناسب ترکیب گلوتن و نشاسته با تأثیر بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر قادر است خصوصیات کمی و کیفی محصول نهایی را بهبود بخشد (9) در تحقیقی دیگر شیواناندا و همکاران (2011) خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان حاوی سطوح مختلف نشاسته (15، 30 و 45 درصد بر اساس وزن آرد مصرفی) را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققین اظهار داشتند که افزودن کمتر از 30 درصد نشاسته به فرمولاسیون اولیه خمیر قادر است میزان حجم نان را افزایش دهد و بافت آن را بهبود بخشد. این در حالی بود که با افزودن بیش از 30 درصد نشاسته به فرمولاسیون، بافت نان دچار چروکیدگی گردید و مغز آن سفت و حفره‌دار شد. همچنین در محصول نهایی به دلیل خروج رطوبت از بافت آن، رتروگراداسیون (از دست دادن رطوبت) سریع‌تر رخ می‌دهد و این امر علاوه بر کاهش زمان ماندگاری، قابلیت جویدن را نیز به شدت کاهش داد (14) همچنین محققین از ترکیبات متفاوتی به منظور به تعویق انداختن بیاتی محصولات صنایع پخت استفاده نموده‌اند که می‌توان به پژوهش یارمند و سیدین (1383) که به بررسی اثر افزودن گلوتن در سه سطح 1، 3 و 5 درصد در نان بربری پرداختند، اشاره کرد.

نتایج آزمون بیاتی این محققین که در فاصله زمانی 48 ساعت پس از پخت انجام شد، نشان داد که نمونه‌های حاوی 5 درصد گلوتن تازه‌تر از نان معمولی بودند و نتایج این آزمون در فاصله زمانی 72 ساعت پس از پخت حاکی از آن بود که تمام نمونه‌های محتوی گلوتن از نمونه شاهد تازه‌تر تشخیص داده شدند (6) از این رو با توجه به بررسی‌های انجام شده، هدف از انجام این پژوهش حذف 50 درصد آرد گندم موجود در فرمولاسیون و جایگزین‌کردن آن با ترکیبی از سطوح متفاوت گلوتن و نشاسته و بررسی تأثیر آن بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر نان با استفاده از آزمون‌های فارینوگراف، آمیلوگراف و ارزیابی بافت محصول نهایی در فاصله زمانی 2، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت بود.

2- مواد و روش‌ها

2- 1- مواد

آرد ستاره با درجه استخراج 83 درصد و ویژگی‌های شیمیایی شامل رطوبت (13/6 درصد)، پروتئین (10/3 درصد)، خاکستر (0/64 درصد)، گلوتن خشک (9/3 درصد) و عدد فالینگ (402 ثانیه) از کارخانه آرد گلمکان (مشهد، ایران) خریداری گردید.

جهت انجام این تحقیق، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یک‌جا تهیه و در سردخانه نگهداری شد. نشاسته و گلوتن نیز از کارخانه نشاسته گل یاس (مشهد، ایران) خریداری گردید. همچنین به منظور ارزیابی تأثیر میزان ترکیب گلوتن با نشاسته بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر از فرمولاسیون ارائه شده در جدول 1، استفاده گردید.

جدول 1- کدگذاری تیمارها

شماره تیمار	آرد گندم (درصد)	نشاسته (درصد)	گلوتن (درصد)
1 (شاهد)	100	-	-
2	50	45	5
3	50	42	8
4	50	40	10
5	50	38	12
6	50	35	15
7	50	32	18
8	50	30	20

2-2- روش‌ها

2-2-1- آزمون فارینوگرافی

این آزمون بر اساس استاندارد AACC (2000) شماره 21-54 و توسط دستگاه فارینوگراف مدل برابندر[1] انجام شد و کمیت‌هایی از قبیل مقدار جذب آب آرد، زمان توسعه، ثبات، شاخص مقاومت به مخلوط شدن و درجه سست‌شدن خمیر از روی منحنی فارینوگرام بر اساس استانداردهای موجود محاسبه گردید (7).

2-2-2- آزمون آمیلوگراف

این آزمون با استفاده از دستگاه آمیلوگراف برابندر و بر اساس استاندارد AACC (2000) شماره 21-54 انجام گرفت. سپس از روی منحنی آمیلوگرام میزان ویسکوزیته و درجه حرارت ژلاتیناسیون خمیر اندازه‌گیری شد.

2-2-3- روش تهیه خمیر و نان

به منظور تولید نان ابتدا کلیه مواد اولیه خشک با توجه به هر یک از تیمارها (جدول 1) در مخزن همزن (مدل اسپیرال، ساخت کشور تایلند) ریخته و آب مورد نیاز به آن افزوده و مخلوط با 150 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه هم‌زده شد. روغن فرمولاسیون در دقیقه ششم پس از تشکیل بافت اصلی خمیر به فرمولاسیون اضافه گردید.

پس از تهیه خمیر، تخمیر اولیه به مدت 30 دقیقه در دمای محیط (25 درجه سانتی‌گراد) و در مخزن همزن صورت گرفت، سپس خمیر به قطعات 250 گرمی تقسیم گردید و پس از عمل چانه-گیری به مدت 10- 8 دقیقه در دمای محیط به منظور سپری‌شدن زمان تخمیر میانی قرار گرفت. بعد از طی‌شدن این مرحله و فرم دادن خمیر، تخمیر نهایی به مدت 45 دقیقه در گرمخانه با دمای 45 درجه سانتی‌گراد در بخار اشباع صورت گرفت. سپس نمونه‌های نان در فر گردان با هوای داغ (Zuccihelli Forni، ساخت کشور ایتالیا) با دمای 260 درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان 13 دقیقه پخت شدند. پس از سردشدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی بافت آن در بازه زمانی 2، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (10)

2-2-4- آزمون ارزیابی بافت نان

ارزیابی بافت نمونه‌های نان در فاصله زمانی 2، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت با استفاده از دستگاه بافت سنج QTS مدل CNS Farnell, UK ساخت کشور انگلستان بر اساس روش پورفرزاد و همکاران (2009) انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (2 سانتی‌متر قطر در 3/2 سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت 30 میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی[2] محاسبه گردید. نقطه شروع[3] و نقطه هدف[4] به ترتیب 0/05 نیوتن و 30 میلی‌متر بود (11).

2-2-5- طرح آماری و تحلیل داده‌ها

نتایج بدست آمده از پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه‌ی 1/42 بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. هریک از نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و آزمون‌های مربوطه در مورد آن‌ها انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری 5 درصد ($P<0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند.

[1] Brabender

[2]- Hardness
[3]- Trigger Point
[4] - Target Value

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج فارینوگراف

نتایج تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان خصوصیات فارینوگرافی خمیر نان در جدول 2 آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، با افزایش میزان پروتئین گلوتن در فرمولاسیون، میزان جذب آب خمیر به طور معناداری ($p<0.05$) افزایش یافت به طوری که کمترین میزان این پارامتر در تیمارهای 2 و 3 که حاوی گلوتن کمتری نسبت به سایر تیمارها می‌باشند، مشاهده گردید. در واقع روند افزایش درصد جذب آب با روند افزایش مقدار گلوتن در ترکیب گلوتن با نشاسته مطابقت دارد (12). افزایش متناسب درصد جذب آب توسط یک تیمار (به‌طور مثال تیمار شماره 5) می‌تواند در ایجاد ویژگی‌های مطلوب خمیر، سهولت کارکردن و انتقال آن و به تأخیر انداختن بیاتی محصول نهایی مؤثر باشد. همچنین ذکر این نکته ضروری است که قدرت جذب آب گلوتن نسبت به نشاسته، 2-3 برابر می‌باشد، مگر این‌که درصد آسیب‌دیدگی گرانول‌های نشاسته آنقدر زیاد باشد که درصد جذب آب نشاسته را بطور قابل ملاحظه‌ای نسبت به گلوتن افزایش دهد. از سوی دیگر ملاحظه می‌گردد که با افزایش درصد گلوتن در فرمولاسیون جایگزین 50 درصد آرد گندم، ثبات خمیر افزایش می‌یابد که افزایش این پارامتر تا جایی که باعث کاهش دمای ژلاتیناسیون شود (تیمار 4 و 5) مطلوب بوده و کاهش دمای ژلاتیناسیون باعث کاهش میزان نیروی لازم جهت پاره‌شدن بافت محصول و بالطبع به تعویق انداختن بیاتی آن می‌گردد (10). همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان شاخص مقاومت به مخلوط شدن مربوط به تیمارهای 4 و 5 که به ترتیب حاوی 40 و 38 درصد نشاسته و 10و 12 درصد گلوتن هستند، می‌باشد. کاهش شاخص مقاومت به مخلوط‌شدن در ارتباط با کاهش دمای ژلاتیناسیون که این امر به نوبه خود باعث کاهش میزان نیروی لازم جهت از هم گسیختگی بافت محصول نهایی و سفتی آن می‌شود (11) و در نتیجه باعث افزایش قابلیت جویدن می‌گردد (3).

در ادامه می‌توان گفت که افزایش درصد گلوتن قادر است زمان توسعه خمیر و بالطبع درصد جذب آب که خود مرتبط با کاهش دمای ژلاتیناسیون و میزان سفتی بافت محصول نهایی است، افزایش دهد.

3-2 - نتایج آمیلوگراف

نتایج تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان خصوصیات ویسکوزیته خمیر نان در شکل 1 آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، وجود نشاسته در مقادیر بالا سبب افزایش بیش از حد ویسکوزیته خمیر می‌گردد که این امر در مورد تیمار شماره 2 و 3 که به ترتیب حاوی 45 و 42 درصد نشاسته می‌باشند، قابل مشاهده است. همچنین ملاحظه می‌گردد که با افزایش میزان پروتئین گلوتن از 10 درصد (تیمار 4) به 20 درصد (تیمار 8) ویسکوزیته خمیر روند افزایشی داشت. بطور کل نمونه‌های حاوی نشاسته و یا گلوتن زیاد، ویسکوزیته‌ای بیش از حد ایجاد کرده که مطلوبیت خمیر را کاهش می‌دهد. این در حالی است مقدار ویسکوزیته در تیمارهای 4، 5 و 6 اندکی بیشتر از نمونه شاهد است که این روند افزایشی جزئی ویسکوزیته موجب سهولت در کار با خمیر و انتقال آن می‌گردد. همچنین نتایج موجود در شکل 2 تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر درجه حرارت ژلاتیناسیون نشان داده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، درجه حرارت ژلاتیناسیون تیمارهای 4 و 5 از نمونه شاهد کمتر است که این کاهش درجه حرارت ژلاتیناسیون باعث افزایش اندیس والوریمتری می‌گردد و این امر خود باعث کاهش میزان نیروی لازم جهت پارگی محصول نهایی می‌شود. پس بالطبع انتظار می‌رود میزان سفتی بافت محصول کمتر شده و قابلیت جویدن آن آسانتر گردد (9).

3-3 - ارزیابی نتایج بافت نان

نتایج تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان سفتی و کشش‌پذیری بافت نان در چهار بازه زمانی 2، 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت به ترتیب در شکل‌های 3 و4 آورده شده است. نتایج آنالیز آماری سفتی بافت نان در سطح معنی‌داری ($p<0/05$) نشان‌دهنده افزایش بیش از حد میزان نشاسته وگلوتن بر سفتی مغز بافت نان در تیمار 2 و3 می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد اثر افزودن سطوح بالاتر نشاسته (تیمار 2 و 3) بر بیاتی و سفتی مغز نان مؤثرتر است.

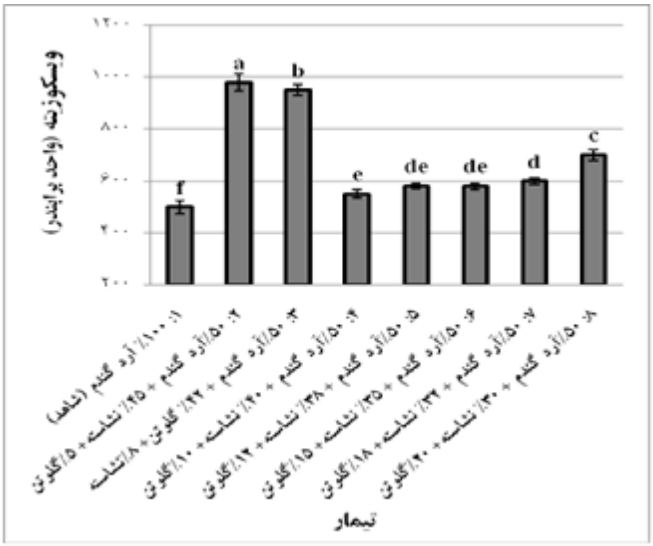
تأثیر افزایش درصد نشاسته در سفتی مغز نان به مراتب بیشتر از مقدار زیاد گلوتن در فرمولاسیون است. این امر بدان علت است که که نشاسته در بیات‌شدگی نان عامل بسیار مهمی می‌باشد. تداخل بین گلوتن و نشاسته و سفت‌شدن مغز نان به‌عنوان عامل

اصلی بیاتی بیان شده است. از سوی دیگر دوباره کریستاله‌شدن آمیلوپکتین خود از سایر عوامل در بیاتی مهم‌تر می‌باشد (8). همچنین وجود مقادیر زیاد پروتئین گلوتن در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت علاوه بر دخالت در تداخل با نشاسته به دلیل شبکه‌ی پیوسته گلوتنی که در خمیر ایجاد می‌کند، خمیر حالت الاستیک پیدا کرده و سبب سفت‌شدن مغز نمونه‌های نان می‌گردد که این امر بر بالابودن نیروی لازم در پاره‌شدن مغز نان (میزان سفتی) نقش دارد (5).

جدول 1- تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان خصوصیات فارینوگرافی خمیر نان.

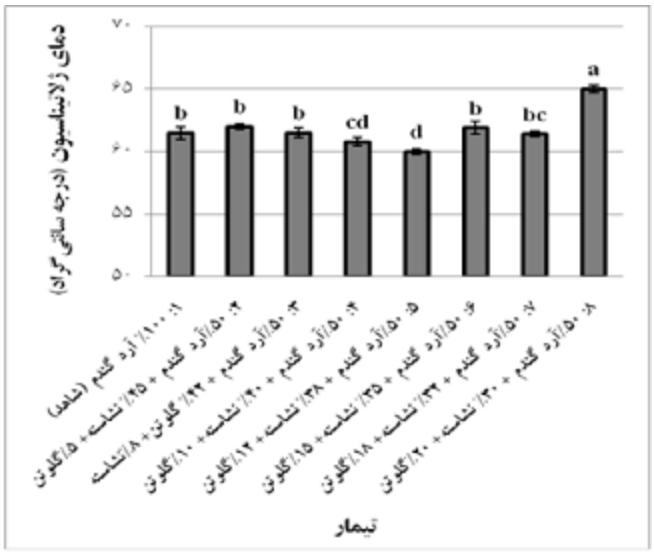
تیمار	جذب آب (درصد)	ثبات خمیر (دقیقه)	زمان توسعه خمیر (دقیقه)	شاخص مقاومت به مخلوط شدن (واحد برابندر)	زمان رسیدن به 500 واحد برابندر	درجه سست شدگی
1	60/17±0/76^{d}	5/23±0/14^{f}	3/5±0/5^{d}	116/7±5/77^{a}	1/57±0/12^{c}	86/67±5/77^{a}
2	57/73±0/25^{e}	8/90±0/06^{e}	4/17±0/28^{c}	103/3±5/77^{b}	0/33±0/06^{d}	60/00±0/0^{c}
3	57/90±0/17^{e}	9/33±0/06de	4/17±0/35^{c}	90/0±0/0^{c}	0/57±0/06^{d}	73/33±2/88^{b}
4	60/40±0/79^{d}	10/00±0/1^{cd}	4/67±0/28^{b}	70/0±0/0^{d}	0/60±0/1^{d}	55/00±5/0^{cd}
5	61/07±0/40^{d}	10/17±0/23^{bcd}	4/83±0/28^{b}	73/33±5/77^{d}	1/63±0/23^{c}	58/33±2/88^{c}
6	65/83±0/76^{c}	10/67±0/1^{abc}	5/0±0/0^{b}	103/3±5/77^{b}	2/1±0/1^{b}	71/67±2/88^{b}
7	68/17±1/04^{b}	11/00±0/25^{ab}	5/0±0/0^{b}	93/33±5/77^{c}	2/23±0/25^{b}	53/33±5/77^{cd}
8	71/23±0/68^{a}	11/33±0/28^{a}	5/83±0/28^{a}	76/67±5/77^{d}	2/83±0/28^{a}	50/00±0/0^{d}

*حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در $p<0.05$ ندارند.

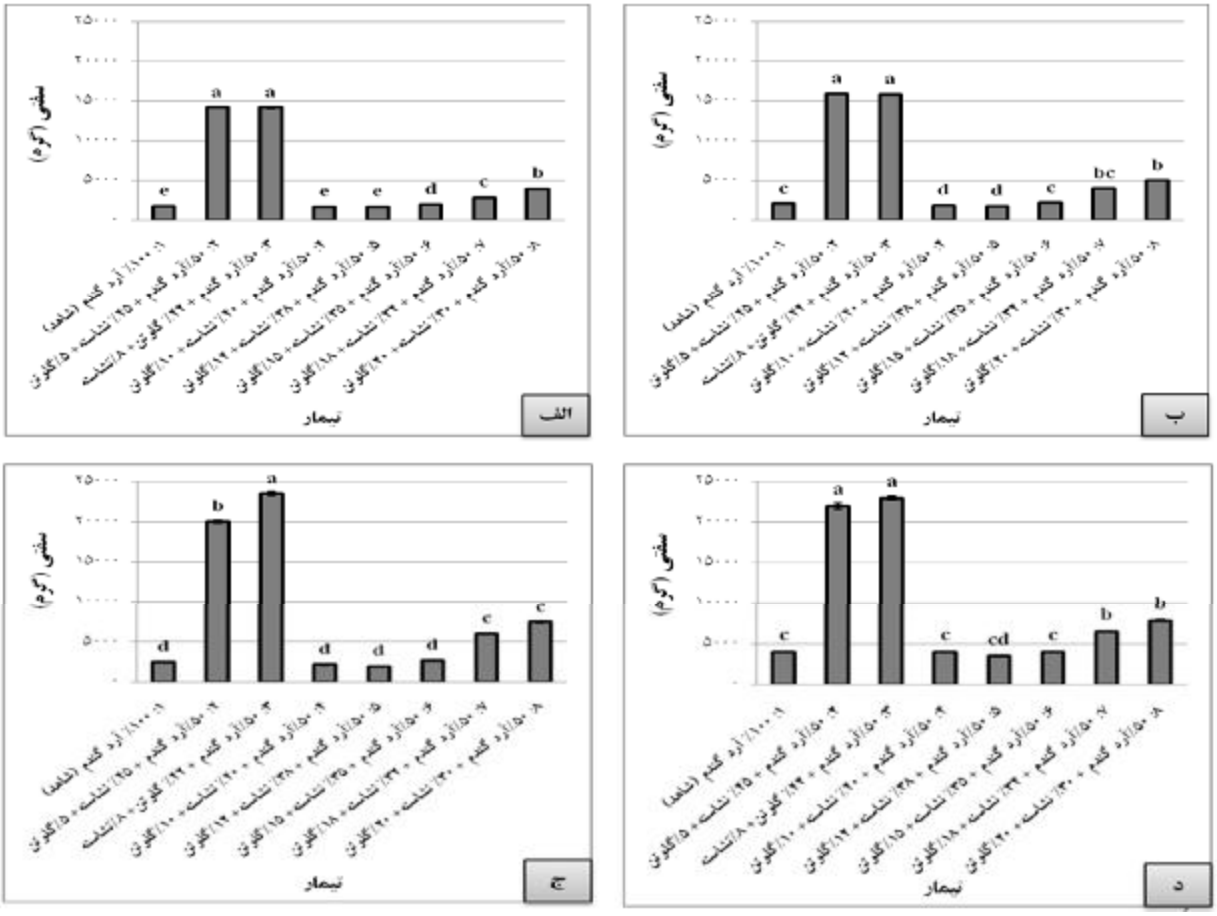


شکل1- تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان ویسکوزیته خمیر نان در آزمون آمیلوگراف.

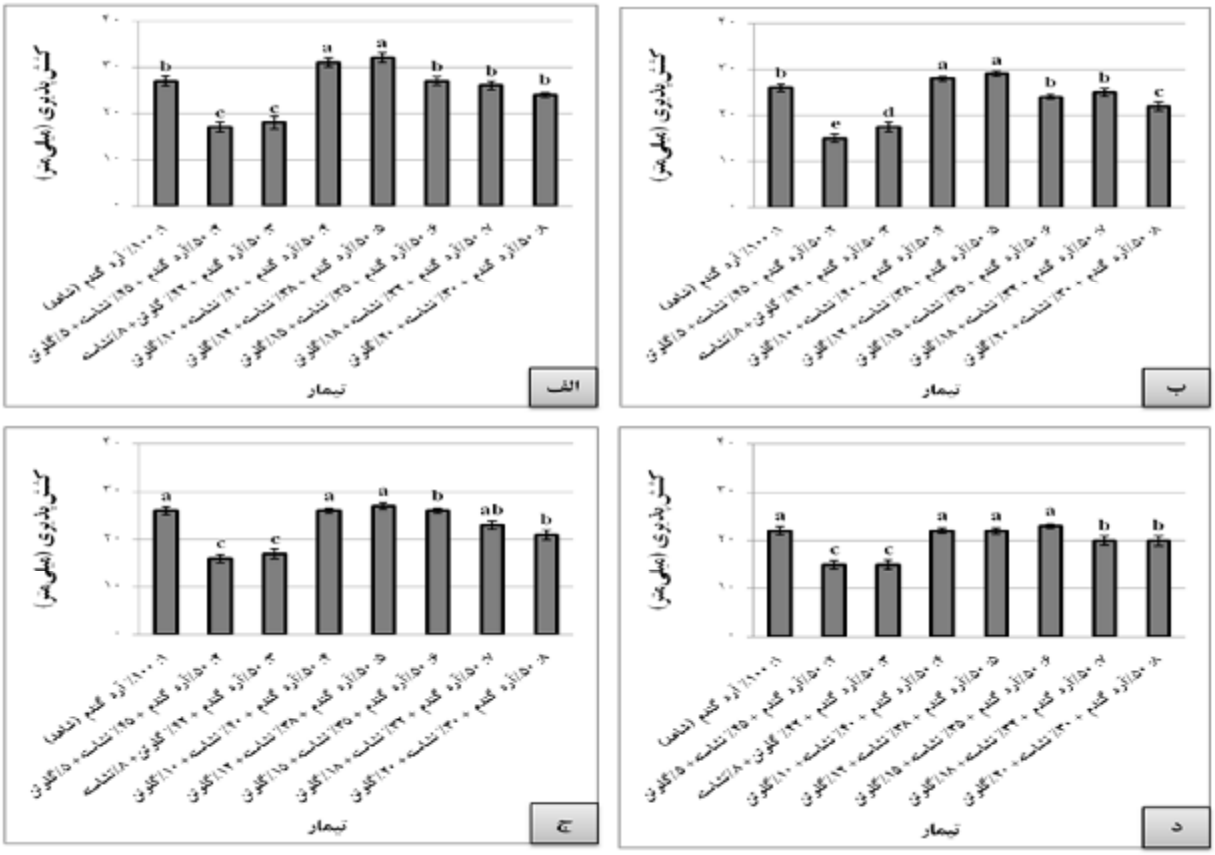
(حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در $p<0.05$ ندارند)



شکل2- تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان دمای ژلاتیناسیون خمیر نان در آزمون آمیلوگراف.
(حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در $p<0.05$ ندارند)



شکل3- تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت‌های مختلف بر میزان سفتی مغز نان بربری در فاصله زمانی 2 (الف)، 24 (ب)، 48 (ج) و 72 (د) ساعت پس از پخت (حروف مشابه در هر شکل از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در $p<0.05$ ندارند).



شکل 4-تأثیر ترکیب گلوتن با نشاسته در نسبت های مختلف بر میزان کشش پذیری مغز نان بربری در فاصله زمانی2(الف)،24(ب)،48(ج)و 72(د) ساعت پس از پخت (حروف مشابه در هر شکل از نظر آماری تفاوت معنی داری در $P<0.05$ ندارند).

4- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، می‌توان گفت که جایگزینی بخشی از آرد گندم با نسبت متناسبی از پروتئین گلوتن و نشاسته، سبب بهبود ویژگی‌های رئولوژی خمیر به لحاظ آزمون فارینوگراف و آمیلوگراف می‌گردد، همچنین می‌توان انتظار داشت که با انتخاب یک ترکیب صحیح از این دو ماده نظیر ترکیب موجود در تیمار شماره 4 و 5 که به ترتیب حاوی 40 و 38 درصد نشاسته و 10 و 12 درصد گلوتن است، می‌توان محصولی با بافت نرمی مطلوب که فرایند بیاتی در آن به تعویق افتاده است و از ماندگاری بالایی برخردار است، تهیه نمود و از سوی دیگر به منظور کاهش ضایعات نان بعنوان قوت قالب اقشار مختلف جامعه و کمک به اقتصاد ملی در واحدهای صنعتی و نانوایی‌های سطح شهر از آن استفاده کرد.

5- منابع

1- رجب زاده، ن. 1389. فناوری تهیه نان و مدیریت تولید آن. انتشارات دانشگاه تهران، صفحه 488.

2- غفارپور. م. 1374. سهم نان در تامین نیازمندی‌های تغذیه‌ای مردم، مجموعه مقالات اجلاس تخصصی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، صفحه20.

3- کوچکی، آ. 1387. بررسی خواص رئولوژیک و کارکردی صمغ قدومه شیرازی و تأثیر آن بر کیفیت نان. رساله دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.

4- مرادی، و.، غیاثی طرزی، ب.، اردبیلی، م. و عزیزی نژاد، ر. 1389. ارزیابی و مقایسه کیفیت گلوتن آردهای تجاری ایران با استفاده از روش های آلوئوگراف و فارینوگراف. مجله علوم غذایی و تغذیه، جلد2، شماره 7.

5- نقوی، س.، پیغمبردوست، ه.، قمری، م. و غفاری، ع. 1390. مطالعه رابطه بین خواص رئولوژی گلوتن و رفتار

فارینوگرافی خمیر. مجله پژوهش های صنایع غذایی، جلد 21، شماره1.

6- یارمند، م.، و اردبیلی، م. 1383. اثر گلوتن و آرد مالت جو بر روی بیاتی و کیفیت نان بربری. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 36، شماره 3.

7- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul، MN.

8- Caballero, P. A., Go'mez, M., and Rosell, C. M. 2007. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. Journal of Food Engineering, 81(1): 42–53.

9- Dreese, P. C., Faubion, J. M., and Hoseney, R. C. 1982. Dynamic rheological properties of flour, gluten and gluten – starch doughs. 1- Temperature – dependent changes during heating. Cereal Chemistry. 65(4): 348-353.

10- Marc, C., Guobeh, M., and Barcenas, M. E. 2001. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: Low temperature and HPMC addition. Journal of Food Engineering, 72: 1594-1601.

11- Martin, M. L. and Hoseney, R. C. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch swelling. Cereal Chemistry. 68: 503-507.

12- Miyazaki, M., Shamekh, S., Harkonen, H., and Eliasson, A. C. 2003. Starch gelatinization in the presence of emulsifiers. A morphological study of wheat starch. 37: 411.

13- Pourfarzad, A., Hadad Khodaparast, M. H., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., et al. 2009. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. Journal of Food Process Engineering, 34: 1435-1445.

14- Shivananda, K., Garimella, P., Rebecca, A. M., Paul, A. S., Robert, A., and Graybosch, Y. S. 2011. Volume, texture, and molecular mechanism behind the collapse of bread made with different levels of hard waxy wheat flours. Journal of Cereal Science, 54(1): 37-43.

15- Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., and Delcour, J.A. 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. Food Chemistry, 110: 909-915.