مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

جایگزینی آرد گندم با آرد پوست هندوانه در تولید نان باگت

متینه کلوپ[1]، حجت کاراژیان[2*]

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۱۳

کلمات کلیدی:

آرد پوست هندوانه،
جایگزین آرد گندم،
خصوصیات رئولوژیکی،
خصوصیات بافتی،
نان باگت

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.261.

* مسئول مکاتبات:

hojjat.karazhiyan@iau.ac.ir

چکیده

امروزه استفاده از ضایعات محصولات کشاورزی جهت به حداکثر رساندن دستیابی به مواد مغذی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، اثر افزودن آرد پوست هندوانه در مقادیر ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد به آرد گندم بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی نان باگت مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های شیمیایی (رطوبت، پروتئین، خاکستر، pH و اسیدیته) آرد و نان مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون‌های رئولوژیکی ، خصوصیات فیزیکی، بافتی، شاخص های رنگی و ویژگی‌های حسی محصول نهایی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد رطوبت در آرد پوست هندوانه بیشتر از آرد گندم است. میزان فیبر، خاکستر و پروتئین با افزایش میزان آرد پوست هندوانه افزایش یافت. رطوبت نان به دلیل ظرفیت بالای جذب آب فیبرهای موجود در آرد پوست هندوانه افزایش پیدا کرد. در آزمون‌های فارینوگراف مشخص شد که جذب آب خمیر با افزایش میزان آرد پوست هندوانه افزایش یافته و الاستیسیته خمیر کاهش یافت. دانسیته نان با افزایش پودر پوست هندوانه افزایش و حجم مخصوص نان کاهش یافت، که ممکن است به دلیل کاهش توانایی گازدهی خمیر و کاهش حجم نهایی باشد. از نظر ویژگی‌های حسی، نمونه‌های (۲/۵ ٪) و (۵٪) بالاترین امتیازها را در طعم و پذیرش کلی دریافت کردند. این پژوهش نشان داد که افزودن آرد پوست هندوانه می‌تواند به بهبود ارزش تغذیه‌ای نان کمک کند، اما باید به کاهش حجم نان و الاستیسیته خمیر توجه داشت.

۱-مقدمه

در دهه‌های اخیر، محصولات نانوایی با آغاز افزایش تقاضا برای غذاهای سریع و آسان در گروه‌های جمعی مختلف به محبوبیت گسترده‌ای دست یافته‌اند. این محصولات، از نظر تغذیه‌ای غنی و به عنوان بخشی مهم از ترکیب رژیم غذایی افراد شناخته شده‌اند [۱]. در راستای رفع نیازهای تغذیه‌ای اقشار کم درآمد، یکی از راهکارهای موثر و ساده، تهیه نان‌های غنی از پروتئین، املاح و ویتامینها است. اهمیت غلات در جهان، باعث توجه فراوان به غنی‌سازی فرآورده‌های حاصل از آنها نظیر آرد، نان و بیسکویت شده است [۲]. مطالعات متعددی برای جایگزینی آرد گندم با آرد حاصل از بقایای میوه ها در تهیه محصولات نانوایی انجام شده است. بقایای میوه ها می توانند منابع مهم مواد مغذی باشند و برای برآوردن تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات سالم تر، صنعت غذا در حال یافتن راه هایی برای افزودن مواد کاربردی به محصولات خود هستند [۳]. احمدی بلوطکی و ناصحی (۲۰۱۷) پودر خشک شده تفاله پرتقال را در خمیر نان بربری مورد استفاده قرار دادند و نشان دادند که نان بربری با درصد پودر پالپ پرتقال خشک ۲ درصد با توجه به محتوای فیبر و کمترین تغییرات نسبت به شاهد از مقبولیت بیشتری برخوردار می باشد[٤]. فیلی و همکاران (۲۰۱۳) نان با فیبر بالا با استفاده از آرد پوست میوه جک فروت را مورد بررسی قرار دادند. اضافه کردن آرد پوست جک‌فروت تأثیر قابل توجهی بر حجم و ویژگی‌های بافتی نان داشت. افزایش سطح آرد جک‌فروت باعث افزایش سختی و تیرگی نان شد، در حالی که حجم آن‌ها نسبت به کنترل کاهش یافت. نمونه‌های نان حاوی ۵ درصد آرد جک‌فروت بالاترین امتیازات پذیرش کلی را نشان دادند [۵]. سالیناس و همکاران (۲۰۱۵) بررسی تأثیر آرد خرنوب به دست آمده از دو بخش مختلف جوانه دانه و پالپ میوه را بر خمیر گندم بررسی کردند[٦]. آشوکاو همکاران (۲۰۲۱) سه نسخه از کیک‌های اسفنجی و کیک‌های میوه با اضافه کردن آرد پوست هندوانه تهیه کردند و نتیجه گرفتند که آرد پوست هندوانه، پس‌مانده‌ای از هندوانه، به‌طور مؤثر برای افزایش ترکیب تغذیه‌ای کیک‌ها موثر به‌کار رفته است [۱]. تونا‌آگریر باس و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی استفاده از آرد دانه‌های مختلف در تولید کیک و اثرات آن بر روی رئولوژی خمیر پرداختند. نتایج کلی نشان داد که ویژگی‌های رئولوژیکی آرد گندم به سطح جایگزینی وابسته است و می‌توان کیک‌هایی با ویژگی‌های بهبود یافته و محتوای پروتئین بالا تولید کرد [۷]. وربکه و همکاران (۲۰۲٤) به بررسی اثرات فیبر نخود، کاکائو و سیب بر ویژگی‌های خمیر و نان بر پایه گندم پرداختند [۸]. در جهان هر ساله ۱۰۰ میلیون تن هندوانه در زمینی به مساحت تقریبی ۳ میلیون هکتار تولید می شود که پس از موز در بین میوه های تازه کشت شده در جهان رتبه دوم را دارد. سطح زیرکشت هندوانه در کشور ما ۷۳ هزار هکتار با برآورد تولید ۳۰۹٦ هزارتن است [۹]. هندوانه علاوه بر ویتامین‌ها (A، B، C و E)، نمک‌های معدنی (K، Mg، Ca و Fe)، و اسیدهای آمینه خاص طیف گسترده‌ای از آنتی‌اکسیدان‌های غذایی را فراهم می‌کند [۱۰]. پوست هندوانه تقریباً ٤۰ درصد از کل توده هندوانه را تشکیل می دهد. پوست هندوانه شامل ترکیبات مختلفی است که آن را از نظر تغذیه‌ای ارزشمند می‌کند. از جمله ترکیبات موجود در پوست هندوانه می‌توان به فیبر غذایی،آب، ویتامین C ، سیترولین و آنتی اکسیدانت ها اشاره کرد. دفع مستقیم پوست هندوانه باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی می شود، بنابراین ایده آل است که به جای محدود کردن آن به ضایعات کشاورزی از پتانسیل تغذیه ای پوست هندوانه و تولید محصولات با ارزش تجاری استفاده شود. به طور دقیق تر، یک مکعب ۱ اینچی پوست هندوانه ۱/۸ کالری و یک وعده آن ۲ درصد از نیاز روزانه توصیه شده ویتامین C و ۱ درصد از ویتامین B_6 را تامین می کند [۱۱].

هدف اصلی این پژوهش بهبود بخشیدن به خصوصیات بافتی و خواص فیزیکو شیمیایی نان باگت با استفاده از آرد پوست هندوانه و همچنین ارتقاء ارزش غذایی و خواص تغذیه‌ای

محصول نهایی می باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد ستاره خوشه فارس، بهبود دهنده s500 گلنلن استفاده شد. مخمر نانوایی مورد استفاده از نوع مخمر خشک فعال ساخت شرکت خمیر مایه رضوی بود. نمک طعام برند گل‌ها، روغن آفتابگردان فامیلا و آب شهری نیز در فرمولاسیون نان استفاده شد. هندوانه نوعی دیمی از بازار محلی خریداری شد. مواد شیمیایی مورد استفاه در این پژوهش از درجه تجزیه ای برخوردار بودند که از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه آرد از پوست میوه هندوانه

میوه ها شسته و با یک پارچه خشک تمیز پاک شدند. پس از جدا کردن پوست سبز بیرونی از میوه‌های هندولنه با استفاده از چاقوی تیز، به قطعات کوچک بریده شده (تقریبا خلال شده) و در آون توستر (۶۰ لیتر کاراجا مدل k260) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت (المنت بالا و پایین روشن همراه فن) خشک شدند. پوست هندوانه خشک شده با استفاده از آسیاب (آسیاب صنعتی نیم کیلویی صدیقی) آسیاب شده و از طریق الک ۶۰ مش الک شده و به پودر ریز تبدیل شد. جدول۱ نسبت های مختلف آرد گندم و آرد پوست هندوانه را نشان می دهد. آرد پوست هندوانه سپس در مقادیر مشخص شده در جدول ۲ به آرد گندم اضافه و به خوبی مخلوط شد. این مقادیر بر اساس پیش آزمون های انجام شده توسط فارینوگراف به دست آمده است.

Table 1- Different flours used in research

Sample	Wheat flour (%)	Watermelon peel flour (%)
A	100	0
B	97.5	2.5
C	95	5
D	92.5	7.5
E	90	10

۲-۲-۲- تعیین خصوصیات آرد

رطوبت، خاکسترکل، pH ،اسیدیته ، فیبر خام و پروتئین آرد با استفاده از مصوب AACC (۲۰۰۲) تعیین شد [۱۲].

۲-۲-۳- تهیه نان

برای تهیه خمیر از روش AACC به شماره ۱۰-B۱۰ استفاده شد. مقدار آرد مصرفی برای تهیه هر چانه در این تحقیق ۱۰۰ گرم بود که با در نظر گرفتن ۱۰۰ گرم آرد، نمک به میزان ۱/۵ ٪ ، مخمر ۲ ٪، و روغن ۰/۵ ٪ توزین شد. آب مصرفی مطابق جدول ۲ بود. پس از تهیه خمیر شاخص های رئولوژیکی خمیر اندازه گیری شد و خمیر در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد و رطوبت ۴۰ درصد به مدت ۲۴ دقیقه در فر فن دار (دور ۱) پخته شد [۱۲]. نمونه ها پس از پخت سرد و بسته بندی شدند و آزمون های مختلف بر روی آنها انجام شد.

Table 2-Bauggete breads used in research

Sample	Wheat flour (%)	Watermelon peel flour (%)	Yeast (%)	Salt (%)	Water (%)
A	100	0	2	1.5	55
B	97.5	2.5	2	1.5	57
C	95	5	2	1.5	69
D	92.5	7.5	2	1.5	71
E	90	10	2	1.5	73

۲-۲-٤- آزمون های خمیر

گلوتن مرطوب طبق مصـــوب AACC (۲۰۰۲) و آزمون فارینوگراف طبق روش یان یان و همکاران (۲۰۲۲) انجام شـــد. از روی نمودار بدســـت آمده از آزمون فارینوگراف مقادیر جذب آب آرد، زمان گســـترش خمیر، زمان پایداری خمیر ودرجه نرم شدن خمیر قابل استخراج است [۱۳].

۲-۲-۵-آزمون های نان

۲-۲-۵-۱- اندازه گیری خصوصیات فیزیکی نان

لندازه گیری رطوبت، خاکســـتر، فیبر و pH نمون های نان، مشـــابه روش ارائه شـــده برای اندازه گیری آرد انجام شـــد. اندازه گیری حجم مخصـــوص نان با اســـتفاده از روش جایگزینی دانه کلزا نجام شد[١٤]. دانسیته نان با استفاده از روش AACC (۲۰۰۲) مورد ارزیابی قرار گرفت.. فعالیت آبی با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Labmster, Noviasna ساخت سوئیس) اندازه گیری شد. این آزمون در روز تولید نان و ۷۲ ساعت پس از پخت انجام شد.

۲-۲-۵-۲- اندازه گیری رنگ نان

برای اندازه‌گیری رنگ نمونه ها (نان)، از دســـتگاه هانترلب استفاده شد. این دستگاه رنگ نمونه‌ها را با سه شاخص *L، *a و *b نشان می‌دهد [۱۵و ١٦].

۲-۲-۵-۳- ارزیابی بافت نان

برای ارزیابی بافت نان از دستگاه بافت سنج اینستران با فک کرامر برشی حاوی ۵ تیغه با نیروی فشار آورنده ثابت ۵۰۰ نیوتن، محدوده کشش ۲۵ میلی متر، سرعت ۱۲۰ میلی متر در دقیقه و نقطه پایان تا ۱۲ میلی متر صـــورت گرفت. ضـــخامت نمونه های نان مورد اســـتفاده جهت انجام آزمون (که در جایگاه مخصـوص دسـتگاه قرار داده شـد) برای هر دو نوع نان یکسـان و حدود ۵ میلی متر در نظر گرفته شـد. بعد از وارد شـــدن نیرو و برش نمونه ها در منحنی های رسم شده، بالاترین نقطه خوانده شد و به عنوان نیروی لازم برای برش نمونه و بر حسب نیوتون گزارش شد [۱۷].

۲-۲-۵-٤- ارزیابی حسی

ارزیابی نان ها با اسـتفاده از روش هدونیک ۵ نقطه ای و از طریق بررسی نظرات اخذ شده از ۳۰ نفر داور آموزش دیده جهت تعیین معیارهای کیفی انجام گردید و اهمیت هر یک از این معیارها با توجه به ویژگی نان ها طبقه بندی شد و به فاکتورهایی از قبیل طعم، مزه، بو، رنگ، ســـفتی و نرمی بافت، قابلیت جویده شـدن، چسبندگی و پذیرش کلی امتیاز دادند [۱۸].

۲-۳- تجزیه و تحلیل داده ها

نمونه های مختلف با اســـتفاده از طرح کاملا تصـــادفی و با اســـتفاده از آزمون دانکن در ســـطح احتمال ۵٪ با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. هر آزمون در سه تکرار انجام شد. میانگین داده ها با اســـتفاده از روش آنوا و نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ تجزیه و تحلیل شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-ترکیبات سازنده آرد

جدول ۳ تجزیه تقریبی آرد گندم و آرد مخلوط با آرد پوست هندوانه را نشان می‌دهد، نتایج مربوط به رطوبت، خاکستر، فیبر، پروتئین، گلوتن، pH و اسیدیته برای نمونه های مختلف از آرد گزارش شده است. با افزایش درصد آرد پوست هندوانه در مخلوط، رطوبت به طور پیوسته کاهش می‌یابد و اختلاف معنی دار آماری ($p<۰/۰۵$) ایجاد می شود. این کاهش به دلیل محتوای کمتر رطوبت در پوست هندوانه نسبت به آرد گندم است، که باعث کاهش مقدار کلی رطوبت در مخلوط می‌شود. افزایش درصد آرد یا پودر پوست میوه‌ها (مانند پودر پوست هندوانه) به نان می‌تواند منجر به کاهش رطوبت نان شود. محتوای فیبر با افزایش درصد آرد پوست هندوانه به طور چشمگیری افزایش یافته است ($p<۰/۰۵$). پوست هندوانه غنی از فیبر است و افزودن آن به آرد گندم باعث افزایش محتوای فیبر در نمونه‌ها می‌شود. کاهش رطوبت نهایی مخلوط آرد با افزودن آرد هندوانه به آرد گندم

به دلیل جذب آب بیشتر توسط فیبرها [۱۹] ، ساختار متخلخل فیبرها [۲۰] ، کاهش دسترسی آب برای خمیر[۲۱] و خواص فیزیکی پوست هندوانه [۲۲] اتفاق می‌افتد. در نتیجه، با افزودن آرد پوست هندوانه، جذب آب توسط فیبرها افزایش یافته و رطوبت نهایی آزاد در مخلوط کاهش پیدا می‌کند. خاکستر در نمونه ها افزایش یافت ولی اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود. محتوای خاکستر نشان‌دهنده مواد معدنی موجود در نمونه است. با افزایش درصد پوست هندوانه، مقدار خاکستر به دلیل محتوای معدنی بالاتر و محتوای فیبر بالاتر پوست هندوانه و افزایش مواد غیرآلی در مخلوط آرد افزایش می‌یابد. پوست میوه‌ها به ویژه هندوانه دارای مقادیر بالاتری از مواد معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و عناصر کمیاب دیگر هستند. این مواد معدنی پس از سوختن مواد آلی در فرآیند تعیین خاکستر به جا می‌مانند و باعث افزایش مقدار خاکستر کل در مخلوط آرد می‌شوند. پژوهشگران دیگر نیز افزایش خاکستر کل با افزایش مقدار پوست هندوانه اضافه شده به محصولات پخت را اعلام نموده اند که با نتایج پژوهش حاضر همراستا می باشد [۲۳و ۱۹، ۱]. محتوای پروتئین با افزایش درصد آرد پوست هندوانه به دلیل افزایش میزان مواد مغذی و پروتئین‌ها در آرد پوست هندوانه افزایش یافت. میزان پروتئین در نمونه آرد پوست هندوانه خالص ۱۴/۲۳٪ بدست آمد. پوست هندوانه به طور طبیعی دارای مقداری پروتئین است که به افزایش محتوای کلی پروتئین در مخلوط کمک می‌کند. گلوتن فقط در آرد گندم یافت می‌شود و افزودن آرد پوست هندوانه که فاقد گلوتن است، باعث کاهش میزان گلوتن در مخلوط‌ها میشود. به همین دلیل مقدار گلوتن برای دیگر نمونه‌ها گزارش نشده است. pH تقریباً در تمامی نمونه‌ها ثابت باقی مانده است، که نشان‌دهنده ثبات نسبی ترکیبات شیمیایی در مخلوط آرد گندم و آرد پوست هندوانه است. اسیدیته با افزایش مقدار آرد پوست هندوانه افزایش می‌یابد. پوست هندوانه دارای ترکیبات اسیدی بیشتری نسبت به آرد گندم است، که باعث افزایش اسیدیته مخلوط می‌شود. دلیل این امر می تواند مرتبط با ترکیبات اسیدی طبیعی در پوست هندوانه، واکنش فیبرها و ترکیبات فنولی و تخمیر میکروبی باشد. پوست هندوانه حاوی ترکیباتی مانند اسیدهای آلی است. این اسیدها شامل اسید سیتریک و اسید مالیک هستند که باعث افزایش اسیدیته در مخلوط می‌شوند [۲۴]. پوست هندوانه دارای مقادیر بالایی از فیبرهای محلول و نامحلول و ترکیبات فنولی است. فیبرها و پلی‌فنول‌ها می‌توانند اسیدیته را افزایش دهند. افزودن آرد پوست هندوانه ممکن است شرایط تخمیر طبیعی را در خمیر بهبود بخشد و با فعالیت بیشتر باکتری‌های اسیدلاکتیک، اسیدهای بیشتری تولید شود. این نتایج با تحقیقات هو و چه داهری (۲۰۱۶) در خصوص استفاده از پودر پوست هندوانه در فرمولاسیون نودل زرد مطابقت دارد [۲۵].

Table 3- Approximate analysis of wheat flour and watermelon peel flours

	A	B	C	D	E
Moisture	10.1±0.2a	10.0±0.2a	9.82±0.2b	9.65±0.2c	9.6±0.1c
Fiber	0.01±0.0f	2.82±0.1e	3.36±0.1d	3.87±0.0c	4.28±0.0b
Ash	0.50±0.0b	0.66±0.0b	0.93±0.0b	1.01±0.0b	1.35±0.0b
Protein	11.27±0.0f	11.4±0.0e	12.02±0.0d	12.17±0.0c	12.43333b
Gluten	26.16±0.0	-	-	-	-
pH	5.97±0.0a	5.94±0.0a	5.96±0.0a	5.95±0.0a	5.97±0.0a
Acidity	1.26±0.0f	2.43±0.0e	2.96±0.0d	3.23±0.0c	4.6±0.0b

Different lowercase letters in each column indicate a significant difference at the level ($p<0.05$). The numbers in the table are the mean of three replicates ± standard deviation.

۳-۲- فارینوگراف

ارتباط میان ویژگیهای ویسکوالاستیک خمیرها و قوت و استحکام خمیر بوسیله فارینوگراف مشخص می شود. منحنی فارینوگراف یکی از ابزارهای مهم در ارزیابی ویژگی‌های خمیر آرد است که با استفاده از آن می‌توان مقاومت خمیر، جذب آب، زمان گسترش و پایداری آن را بررسی کرد. نتایج حاصل از فارینوگرافی در جدول ٤ گزارش شده است. S_1 نشان‌دهنده زمان لازم برای رسیدن خمیر به گسترش کامل است، یعنی وقتی که خمیر به بیشترین مقاومت خود در برابر مخلوط شدن می‌رسد. این پارامتر بر حسب دقیقه گزارش می‌شود و نشان‌دهنده زمان بهینه برای مخلوط کردن خمیر است. با افزایش ۵٪ آرد پوست هندوانه، زمان رسیدن به مقاومت اولیه طولانی‌تر شده و جذب آب بیشتر شده است، که بیانگر آن است که آرد پوست هندوانه تمایل بیشتری برای جذب آب دارد. S_2 پایداری خمیر را نشان می دهد. S_2، زمانی است که خمیر می‌تواند در نقطه اوج خود (یعنی مقاومت حداکثری) باقی بماند قبل از اینکه کیفیت و مقاومت آن شروع به کاهش کند. پایداری خمیر در هنگام پخت با پایداری گرانول های نشاسته در دمای حرارت دهی مرتبط است. به احتمال بسیار زیاد پوست هندوانه از طریق افزایش فعل و انفعالات بین باندهای هیدروژنی آب دوست و هیدرفوریک آبگریز در پروتئین گندم باعث بهبود ساختار خمیر میگردد. با مخلوط شدن بیش از اندازه خمیر، ذرات گلوتن که به ویژه برای کیفیت نانوایی مهم تلقی می شوند، به تکه های کوچکتر تجزیه شده و رفتاری شبیه پلیمرهای آزاد در محلول را از خود نشان می دهند. بنابرین در طول این مرحله ممکن است فعل و انفعالاتی بین ترکیبات پوست هندوانه و پروتئین گلوتن به وجود می آید [۲٦]. پایداری خمیر در نمونه ۰/۵٪ آرد پوست هندوانه افزایش یافته است. افزایش مقدار آرد پوست هندوانه به ۷/۵٪ باعث افزایش بیشتر جذب آب و طولانی‌تر شدن زمان توسعه خمیر شده است. در نمونه E که بیشترین مقدار آرد پوست هندوانه (۱۰٪) را دارد، زمان توسعه خمیر طولانی‌ترین بوده و جذب آب نیز به حداکثر خود رسیده است. با این حال، پایداری خمیر به طور قابل توجهی کاهش یافته است. این کاهش پایداری ممکن است نشان‌دهنده تضعیف شبکه گلوتنی در اثر افزایش بیش از حد آرد پوست هندوانه باشد. نمونه ۱۰۰ درصد آرد گندم دارای زمان توسعه و پایداری مناسبی است. DDT نشان‌دهنده زمان لازم برای تشکیل خمیر بهینه است، یعنی زمانی که خمیر به گسترش کامل و بهینه رسیده است.

DDTدر واقع یعنی زمانی که منحنی به اوج می‌رسد و نشان‌دهنده بهینه‌ترین زمان برای مخلوط کردن خمیر است. با افزودن ۲/۵ ٪ آرد پوست هندوانه، زمان توسعه (DDT) افزایش یافته و جذب آب کمی بیشتر شده است. این نشان می‌دهد که پوست هندوانه توانایی نگهداری آب را بالا می‌برد. زمان توسعه نیز با افزایش آرد پوست هندوانه افزایش یافته است. نمونه ۱۰٪ آرد پوست هندوانه بیشترین زمان توسعه را دارد در حالی که نمونه ۱۰۰٪ آرد گندم کمترین زمان توسعه را نشان می‌دهد. پایداری خمیر یاDS ، به کاهش مقاومت خمیر پس از گذشت زمان از رسیدن به اوج مقاومت اشاره دارد که نشان‌دهنده کاهش کیفیت و استحکام خمیر با گذشت زمان است و نشان می‌دهد که گلوتن به تدریج ضعیف می‌شود. پایداری خمیر در نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه کاهش یافته است.

FQN[1] یا عدد کیفی فارینوگراف که شاخص کلی از کیفیت آرد برای تهیه نان است با افزایش درصد آرد پوست هندوانه، به تدریج افزایش می‌یابد. افزایش FQN ممکن است به دلیل محتوای فیبر و ترکیبات دیگر در آرد پوست هندوانه باشد که باعث بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی خمیر شده است، هرچند که این به معنای بهبود گلوتن و استحکام خمیر

1 - Farinograph Quality Number

نیست. میزان جذب آب ، نشان‌دهنده درصد آبی است که آرد می‌تواند جذب کند تا خمیری با غلظت استاندارد تشکیل شود. این مقدار معمولاً به‌صورت درصد گزارش می‌شود و یکی از مهم‌ترین پارامترهای تعیین کیفیت آرد است، زیرا بر روی حجم و بافت نان تأثیرگذار است. با افزایش درصد آرد پوست هندوانه، جذب آب خمیر به طور پیوسته افزایش یافته است. این افزایش جذب آب به دلیل توانایی بالای پوست هندوانه در جذب و نگهداری آب است. با افزودن آرد پوست هندوانه به آرد گندم، خواص رئولوژیکی خمیر تغییرات مهمی نشان می‌دهد. افزایش درصد آرد پوست هندوانه منجر به افزایش جذب آب و زمان توسعه خمیر شده است، اما پایداری خمیر کاهش یافته است. اگرچه پوست هندوانه به افزایش جذب آب کمک می‌کند، اما افزایش بیش از حد آن ممکن است باعث تضعیف ساختار گلوتنی و کاهش کیفیت نهایی خمیر شود. بنابراین، استفاده بهینه از آرد پوست هندوانه برای حفظ خواص رئولوژیکی مناسب خمیر ضروری است.

Table 4- Farinograph characteristics of baguette bread samples

	A	B	C	D	E
S_1 (min)	1.40^{c}	1.53^{b}	2.11^{a}	1.43^{c}	1.15^{d}
S_2 (min)	7.12^{d}	7.42^{c}	7.39^{c}	8.20^{b}	8.43^{a}
DDT(min)	4.42^{e}	5.14^{d}	5.23^{c}	5.52^{b}	6.22^{a}
DS (min)	64.0^{bc}	59.0^{d}	66.0^{a}	63.0^{c}	49.0^{e}
Water absorption (%)	56.0^{e}	57.5^{d}	59.3^{c}	60.7^{b}	62.5^{a}
DS(ICC)	111^{b}	115^{a}	116^{a}	109^{c}	101^{d}
FQN	61^{d}	70^{c}	71^{b}	80^{a}	80^{a}

Different lowercase letters in each column indicate a significant difference at the level ($p<0.05$). The numbers in the table are the mean of three replicates ± standard deviation.

۳-۳-آزمون های نان

جدول ۵ نتایج تجزیه تقریبی نان‌های تهیه شده از آرد گندم و آرد پوست هندوانه را نمایش می‌دهد. در این جدول، تغییرات رطوبت، خاکستر، pH، فعالیت آبی در روزهای ۱ و ۳، دانسیته، حجم مخصوص و فیبر در نان‌های حاوی درصدهای مختلفی از آرد پوست هندوانه گزارش شده است. با افزایش درصد آرد پوست هندوانه، میزان رطوبت نان‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. دلیل این امر می‌تواند به توانایی جذب آب بیشتر توسط فیبرهای موجود در پوست هندوانه نسبت داده شود. افزایش رطوبت ممکن است باعث نرم‌تر شدن بافت نان‌ها شود. افزایش چشمگیر فیبر در نان‌های حاوی آرد پوست هندوانه قابل انتظار است، زیرا پوست هندوانه به‌طور طبیعی دارای مقدار قابل توجهی فیبر است. این افزایش فیبر می‌تواند به بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای نان کمک کند و برای مصرف‌کنندگانی که به دنبال نان‌های پرفیبر هستند، مناسب باشد. پودر پوست میوه‌ها حاوی مقادیر بالای فیبرهای محلول و نامحلول هستند. این فیبرها توانایی بالایی در جذب آب دارند و در مرحله خمیرسازی آب بیشتری را به خود جذب می‌کنند. به‌عبارتی، آب موجود در خمیر نان به‌جای باقی‌ماندن در فاز آزاد، توسط فیبرهای موجود در پودر پوست میوه‌ها جذب می‌شود. بنابراین، در زمان پخت و پس از آن، رطوبت محصول نهایی افزایش می یابد [۲۷]. اثر سینرژیست فیبر بر پروتئین‌های گلوتن نیز می تواند بر رطوبت نان موثر باشد. افزودن پودر پوست میوه‌ها و فیبرهای مرتبط، به‌طور مستقیم بر روی ساختار پروتئین گلوتن تأثیر می‌گذارد. با افزایش فیبرها جذب آب بین فیبر و پروتئین‌های گلوتن افزایش می‌یابد. در نتیجه، فیبرها آب بیشتری را جذب کرده و شبکه گلوتنی مقاومتری تشکیل می‌شود که می‌تواند به‌خوبی رطوبت را حفظ کند [۲۹و ۲۸]. اثرات حرارتی و افزایش از دست دادن رطوبت در طول پخت نیز بر میزان رطوبت نهایی نان موثر است. فیبرهای غذایی با حفظ آب در طول فرایند پخت باعث می‌شوند که نان پس از

پخت، رطوبت بیشتری داشته باشد. به دلیل اینکه تخریب یا تغییرات ساختاری فیبر در دماهای بالا پخت منجر به آزاد شدن مقدار کمتری از آب به‌صورت بخار می‌گردد و رطوبت نهایی نان را افزایش می‌دهد [۳۰]. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط وربک و همکاران (۲۰۲٤)، پریرا و همکاران (۲۰۲٤) و پلوستا و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد [۳۲و ۳۱ ، ۸]. افزایش خاکستر در نان‌ها نشان‌دهنده افزایش میزان مواد معدنی است. آرد پوست هندوانه به دلیل دارا بودن مقادیر بیشتری از مواد معدنی نسبت به آرد گندم، باعث افزایش خاکستر در نان‌های حاوی درصدهای بالاتری از این آرد می‌شود. تغییرات pH در نمونه‌های مختلف چندان چشمگیر نیست و اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها دیده نمی‌شود. افزایش فعالیت آبی در نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه نسبت به نمونه‌های بدون آن نشان می‌دهد که آرد پوست هندوانه توانایی نگهداری آب را افزایش داده و ممکن است به بهبود ماندگاری نان کمک کند. با افزایش درصد آرد پوست هندوانه، دانسیته نان‌ها نیز افزایش یافته است. این امر نشان می‌دهد که نان‌های حاوی آرد پوست هندوانه سنگین‌تر و فشرده‌تر هستند، زیرا فیبر موجود در پوست هندوانه باعث کاهش حجم نان و افزایش وزن آن می‌شود. کاهش حجم مخصوص نشان می‌دهد که نان‌های حاوی درصدهای بالاتر از آرد پوست هندوانه تخلخل کمتری دارند و حجم کلی آن‌ها کاهش یافته است. این موضوع می‌تواند به کاهش توانایی خمیر در نگهداری گازها و در نتیجه کاهش حجم نان منجر شود.

فیلی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود به تأثیر فیبرها بر تشکیل شبکه گلوتنی و کاهش حجم نان اشاره کرده‌اند و نشان دادند که با افزایش میزان آرد جک فروت استفاده شده در فرمولاسیون نان، دانسیته افزایش و حجم مخصوص کاهش می یابد که مطابق با نتایج پژوهش حاضر است [۵]. پژوهش های مختلف به تأثیر فیبرهای گیاهی بر میزان جذب آب و کاهش حجم مخصوص نان اشاره دارند [۳۳]. این تغییرات نشان می‌دهد که افزودن آرد پوست هندوانه به نان می‌تواند باعث بهبود خواص تغذیه‌ای آن، از جمله افزایش فیبر و مواد معدنی، شود اما در عین حال ممکن است باعث کاهش حجم و افزایش تراکم نان گردد.

Table 5- Approximate analysis of baguette bread samples

	A	B	C	D	E
Moisture	29.66±0.3	31.70±0.0^{a}	32.09±0.1^{b}	33.0±0.2^{c}	34.86±0.1^{c}
Fiber	0.01±0.0^{f}	0.70±0.0^{e}	1.33±0.0^{d}	2.06±0.0^{c}	2.78±0.0^{b}
Ash	1.62±0.0^{f}	1.64±0.0^{e}	2.09±0.0^{d}	2.18±0.0^{b}	2.51±0.2^{a}
pH	5.41±0.0^{a}	5.44±0.0^{a}	5.36±0.0^{a}	5.30±0.0^{a}	5.26±0.0^{a}
aw (1st day)	0.90±0.0^{f}	0.90±0.1^{e}	0.90±0.1^{d}	0.90±0.0^{c}	0.91±0.0^{b}
aw (Third day)	0.88 ±0.0^{f}	0.88±0.0^{e}	0.88±0.0^{d}	0.89±0.0^{c}	0.89±0.0^{b}
Density	0.20±0.0^{f}	0.21±0.0^{e}	0.24±0.0^{d}	0.26±0.0^{c}	0.29±0.0^{b}
Specific volume(cm^3/g)	123.9±0.5^{f}	111.5±1.4^{e}	96.6±1.5^{d}	73.33±2.7^{c}	63.46±3.3^{b}

Different lowercase letters in each column indicate a significant difference at the level ($p<0.05$). The numbers in the table are the mean of three replicates ± standard deviation.

۳-٤-بافت نان

جدول ٦ داده‌های مربوط به بافت نمونه‌های نان در روز اول و سوم نشان داده شده است. سختی نشان‌دهنده مقاومت خمیر نان در برابر نیرو است. نانی که سخت‌تر باشد، نیاز به نیروی بیشتری برای فشرده شدن دارد. مشاهده می شود که با گذشت زمان سختی نان‌ها افزایش می‌یابد، که نشان‌دهنده سفت‌تر شدن آن‌ها در طول زمان است. چسبندگی نشان‌دهنده میزان انسجام داخلی خمیر است. نانی با چسبندگی بالاتر به سختی از هم جدا می‌شود. مشاهده می شود که چسبندگی در روز سوم کاهش یافته است، که نشان می‌دهد نان‌ها با گذشت زمان خشک‌تر و کمتر منسجم

می‌شوند. ارتجاع‌پذیری نشان‌دهنده توانایی نان در بازگشت به شکل اولیه خود پس از فشرده شدن است. همانطور که مشاهده می شود ارتجاع‌پذیری در روز سوم به طور کلی افزایش یافته است که ممکن است به حفظ بهتر ساختار نان در زمان بیشتر اشاره کند. صمغیت نشان‌دهنده میزان نیروی لازم برای جویدن یک تکه نان تا زمانی است که آماده بلع شود و به‌طور غیرمستقیم از چسبندگی و سختی خمیر تأثیر می‌پذیرد. این پارامتر ترکیبی از سختی و چسبندگی است. همانطور که مشاهده می شود با گذشت زمان، این پارامتر افزایش یافته است، به‌ویژه با افزایش درصد آرد پوست هندوانه که بیانگر این است که نان‌ها در طول زمان چسبنده‌تر و سخت‌تر شده‌اند. قابلیت جویدن میزان نیرو و زمان لازم برای جویدن نان تا آماده بلع شدن است. همانطور که مشاهده می شود قابلیت جویدن با گذشت زمان افزایش یافته است. چسبندگی سطحی نشان‌دهنده میزان چسبندگی سطحی خمیر نان به ابزارهای اندازه‌گیری است. مشاهده می شود که چسبندگی سطحی بسیار کم است و تقریباً به صفر می‌رسد. سفتی نشان‌دهنده مقاومت نان در برابر تغییر شکل است. سفتی بیشتر نشان‌دهنده نانی سفت‌تر و کمتر انعطاف‌پذیر است. مشاهده می شود که سفتی نان‌ها به‌طور قابل توجهی در روز سوم افزایش یافته است که نشان‌دهنده سفت‌تر شدن نان‌ها با گذشت زمان است. با توجه به نتایج به دست آمده، نان‌های حاوی آرد پوست هندوانه در مقایسه با نان مرجع دارای سفتی و قابلیت جویدن بیشتری هستند که ممکن است برای نان باگت ایده‌آل نباشد. اما از طرفی، نان‌های حاوی درصد کمتر از آرد پوست هندوانه (مانند نمونه ۲/۵٪) که سختی کمتری دارند و چسبندگی و جویدنی بودن کمتری نسبت به نمونه‌های با درصد آرد پوست هندوانه بیشتر نشان می‌دهند، برای تهیه نان باگت مناسب‌تر هستند. نمونه ۲/۵٪ به دلیل سختی کمتر و ارتجاع‌پذیری بالاتر می‌تواند انتخاب بهتری برای نان باگت باشد، زیرا نانی نرم‌تر و سبک‌تر تولید می‌کند که از ویژگی‌های مورد نظر در باگت است. افزایش و کاهش پارامترهای مختلف بافت نان با گذشت زمان از نتایج تغییرات فیزیکوشیمیایی درون ساختار نان است. این تغییرات به دلیل فرآیندهایی مانند رتروگراداسیون نشاسته و تغییرات در شبکه گلوتن رخ می‌دهند. با گذشت زمان، نشاسته‌ای که در طول پخت ژلاتینه شده است، به حالت کریستالی اولیه خود بازمی‌گردد (رتروگراداسیون نشاسته). این فرآیند باعث افزایش تراکم شبکه نشاسته و از دست دادن رطوبت نان می‌شود، که در نتیجه باعث افزایش سختی نان می‌گردد [۳۶-۳۴].

Table 6-Textural attributes of baguette bread samples at 1st and third day

Textural attributes- 1st day	A	B	C	D	E
Bread height (20 mm)	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}
Hardness (N)	3.50^{Bc}	2.57^{Be}	6.04^{Ba}	3.29^{Bd}	3.92^{Bb}
Adhesiveness	0.48^{Aa}	0.47^{Ab}	0.42^{Ac}	0.47^{Ab}	0.47^{Ab}
Springiness (mm)	7.37^{Bc}	8.08^{Ba}	7.19^{Be}	7.28^{Bd}	7.75^{Bb}
Chewability (N)	1.69^{Ac}	1.20^{Be}	2.56^{Ba}	1.54^{Bd}	1.83^{Bb}
Gumminess ($N.m^2$)	12.33^{Bb}	9.64^{Be}	18.34^{Ba}	11.17^{Bd}	14.24^{Bc}
Surface adhesion (N)	0.02^{Ab}	0.01^{Ac}	0.03^{Aa}	0.03^{Aa}	0.03^{Aa}
Stiffness (N/m^2)	1672.1^{Bc}	1344.9^{Be}	3650.5^{Ba}	1862.3^{Bb}	1380.7^{Bd}
Textural attributes-Third day	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Bread height (20 mm)	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}	20.00^{Aa}
Hardness (N)	3.78^{A}	5.55^{Ac}	8.16^{Ab}	4.73^{Ad}	8.78^{Aa}
Adhesiveness	0.45^{Ba}	0.42^{Bb}	0.36^{Bd}	0.39^{Bc}	0.37^{Bd}
Springiness (mm)	9.57^{Ab}	9.73^{Aa}	8.72Ac	8.01^{Ad}	7.85^{Ae}
Chewability (N)	1.68^{Ae}	2.34^{Ac}	2.91^{Ab}	1.86^{Ad}	3.17^{Aa}
Gumminess ($N.m^2$)	16.17^{Ad}	22.85^{Ac}	25.42^{Aa}	14.82^{Ae}	24.63^{Ab}
Surface adhesion (N)	0.00^{Bb}	0.00^{Bb}	0.01^{Ba}	0.01^{Ba}	0.00^{Bb}

Stiffness (N/m^2)	1102.2^{Ae}	1777.2^{Ad}	3760.2^{Ab}	2242.0^{Ac}	5470.2^{Aa}

Different lowercase letters indicate a significant difference between bread samples and uppercase letters between 1st and third days at the level ($p<0.05$). The numbers in the table are the mean of three replicates ± standard deviation.

پوست هندوانه دارای مقادیر زیادی فیبر است، فیبرها به دلیل خاصیت جذب آب زیاد، مقدار رطوبت موجود برای نرم کردن خمیر را کاهش می‌دهند، که در نتیجه باعث سفت‌تر شدن شبکه گلوتنی و کاهش انعطاف‌پذیری نان می‌شود. همچنین، افزودن فیبر باعث ایجاد شبکه متراکم‌تری در ساختار خمیر می‌شود که منجر به افزایش سختی نان می‌گردد. افزایش قابلیت جویدن نان به دلیل افزایش محتوای فیبر و ایجاد ساختار متراکم‌تر است. فیبرهای غذایی مانند پودر پوست هندوانه، بافتی سفت و غیر قابل انعطاف را به خمیر می‌افزایند که نیاز به جویدن بیشتری دارد. تغییرات چسبندگی نان نیز به دلیل تأثیر فیبرهای موجود در پوست هندوانه بر سطح خمیر است [۴۰-۳۷]. نتایج ارائه شده توسط سایر پژوهشگران برای تاثیر افزودن ترکیبات با فیبر بالا نظیر پوست مرکبات [۴۱] ،اسفرزه [۴۰] ، شاه بلوط[۴۲] و غلاف باقلا [۴۳] بر بافت نان با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

۳-۵-تغییرات رنگ

در داده‌های مربوط به شاخص‌های رنگی آردها (جدول ۷)، تغییرات قابل‌توجهی مشاهده می‌شود که می‌توان آن‌ها را به افزودن آرد پوست هندوانه به آرد گندم نسبت داد. هر یک از این شاخص‌ها به معنای خاصی در تعیین رنگ آرد و محصول نهایی مرتبط هستند. مقدار *L بیانگر روشنایی رنگ است؛ مقدار بالاتر *L نشان‌دهنده رنگ روشن‌تر است. با افزایش مقدار آرد پوست هندوانه، مقدار *L کاهش می‌یابد و نمونه ۱۰٪ آرد پوست هندوانه دارای تیره‌ترین رنگ است. این نشان می‌دهد که افزودن آرد پوست هندوانه باعث کاهش روشنایی آرد شده و رنگ تیره‌تری به آن داده است. واکنش‌های مایلارد در طی پخت باعث تیرگی بیشتر نان می‌شوند که ناشی از تغییرات شیمیایی در کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها است. مقدار *a نشان‌دهنده میزان قرمزی یا سبزی رنگ است؛ مقادیر مثبت *a به معنای تمایل به قرمزی و مقادیر منفی به معنای تمایل به سبزی است. در تمامی نمونه‌ها، مقدار *a منفی است که نشان‌دهنده وجود ته‌رنگ سبز در آرد است. با این حال، تغییرات بسیار کم است و افزودن آرد پوست هندوانه تأثیر زیادی بر افزایش سبزی آرد ندارد و تغییرات جزئی در این شاخص مشاهده می‌شود. مقدار *b نشان‌دهنده میزان زردی یا آبی بودن رنگ است؛ مقادیر مثبت به معنای تمایل به زردی و مقادیر منفی به معنای تمایل به آبی است. با افزایش درصد آرد پوست هندوانه، مقدار *b به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این افزایش مقدار *b نشان‌دهنده افزایش زردی آرد با افزایش میزان آرد پوست هندوانه است. این امر می‌تواند به دلیل رنگ طبیعی پوست هندوانه باشد که باعث زردتر شدن آرد نهایی می‌شود. حضور پلی‌فنول‌ها و ترکیبات فنولیک می‌تواند منجر به زردتر شدن نان شود. همچنین، کربوهیدرات‌های موجود در بخش سفید ممکن است تحت واکنش‌های کاراملیزه شدن قرار بگیرند که منجر به افزایش میزان *b می‌شود. با افزایش درصد آرد پوست هندوانه در ترکیب آرد، رنگ آرد تیره‌تر (کاهش مقدار*L) و زردتر (افزایش مقدار*b) می‌شود، در حالی که تغییرات در شاخص *a (سبزی) کم و ناچیز است. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط فیلی و همکاران (۲۰۱۳) برای نان های حاوی آرد میوه جک فروت مطابقت دارد [۵]. پژوهش دیگر انجام شده توسط سلیک و ایسیک (۲۰۲۳) بر روی مافین که در آن از آرد پوست هندوانه استفاده شده بود نتایج مشابهی را نشان داد [۴۴] که همراستا با نتایج پژوهش حاضر است.

Table 7- Color indices of baguette bread samples

Color indices	A	B	C	D	E
L*	75.37±1.1[a]	73.22±0.2[b]	71.50±0.0[c]	67.69±0.0[d]	63.75±0.2[e]
a*	-1.44±0.0[a]	-1.97±0.0[c]	-2.12±0.0[d]	-1.96±0.0[c]	-1.66±0.0[b]
b*	16.39±0.0[e]	19.64±0.0[d]	23.83±0.0[c]	27.20±0.0[b]	28.85±0.0[a]

Different lowercase letters in each column indicate a significant difference at the level ($p<0.05$). The numbers in the table are the mean of three replicates ± standard deviation.

۳-۶-خواص حسی

نمودار عنکبوتی شکل ۱ نشان می‌دهد که امتیازهای حسی پنج نمونه نان مختلف بر اساس معیارهای مختلف مانند طعم، بو، رنگ، بافت، قابلیت جویدن، چسبندگی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. بهبود طعم با کاهش درصد پوست هندوانه در فرمولاسیون مشاهده می شود. افزودن پوست هندوانه به آرد اگرچه ترکیبات فعال زیستی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و فلاونوئیدها را به نان اضافه کند اما متناسب با ذائقه مصرف کنندگان نیست. تحقیقات نشان می‌دهد که پلی‌فنول‌ها و فیبرهای غذایی موجود در پوست میوه‌ها در مقادیر کم می‌توانند طعم بهتری به محصولات پخته شده ببخشند. این ترکیبات در مقادیر بالا طعم‌های تلخ و گس به نان می‌بخشند، که می‌تواند دلیل کاهش امتیاز طعم در نمونه‌های حاوی پوست هندوانه باشد. این نتایج با نتایج بدر (۲۰۱۵) مطابقت دارد [۱۸]. اثر منفی پوست هندوانه در بهبود بو مشاهده شد. پوست میوه‌ها حاوی ترکیبات گیاهی و خام است وجود این ترکیبات در پوست هندوانه ممکن است سبب کاهش امتیاز آن در نمونه‌های حاوی این پوست شده باشد. پوست هندوانه احتمالا با نگهداری مقادیر بیشتر رطوبت در نان به انجام واکنش های میلارد و قهوه ای شدن نان کمک میکند که می‌تواند ظاهر نان را جذاب‌تر کند و منجر به افزایش امتیاز رنگ در نمونه‌های حاوی پوست هندوانه شود. شیواپور و همکاران (۲۰۲۰) ضمن بررسی تاثیر استفاده از آرد پوست هندوانه اعلام نمودند که این آرد تاثیر معنی داری بر رنگ نان تست ندارد [۴۵]. به نظر می‌رسد پوست هندوانه بر بافت نیز تأثیر منفی دارد. در مطالعه‌ای که توسط ناکنائین و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد، مشخص شد که کوکی‌های حاوی ۱۰٪ پودر پوست هندوانه از نظر رنگ، ظاهر، بافت، طعم و پارامترهای پذیرش کلی مشابه نمونه شاهد بودند. این پارامترها با افزایش نسبت پوست هندوانه کاهش یافت [۴۶]. بهبود جویدن با افزایش میزان پوست هندوانه مشاهده شد. تحقیقات نشان می‌دهد که افزودن فیبر به محصولات پخته شده می‌تواند بافت جویدنی و کشسانی بیشتری به آن‌ها بدهد، که در این مورد هم افزایش امتیاز جویدن در نمونه‌های دارای پوست هندوانه مشهود است. افزودن پودر پوست هندوانه به دلیل داشتن مقادیر زیاد فیبر می‌تواند چسبندگی خمیر را کاهش دهد. این موضوع به‌ویژه در نان‌های فیبردار مشاهده می‌شود. باز هم نمونه ۱۰۰٪ آرد گندم با فاصله نسبت به دیگر نمونه‌ها بالاترین امتیاز را در پذیرش کلی دریافت کرده است، که نشان‌دهنده تأثیر منفی پوست هندوانه بر پذیرش نهایی نان است.

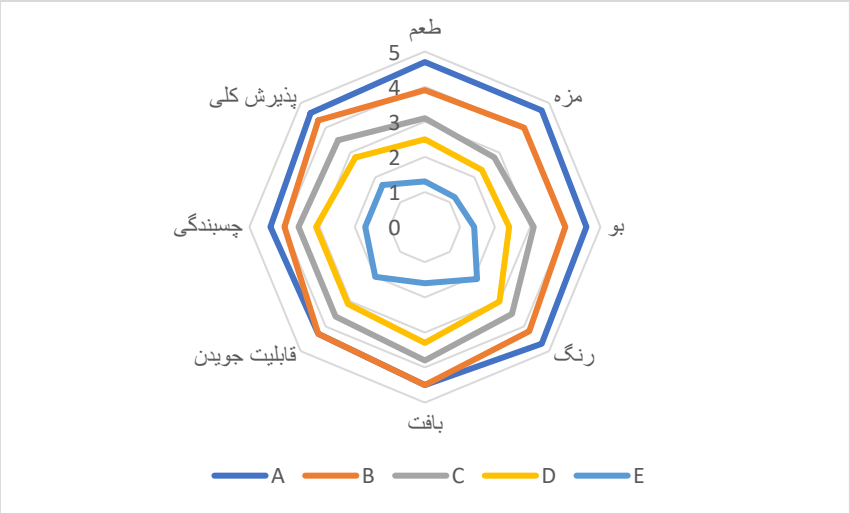

Fig 1. Sensory evaluation of baguette bread samples

٤-نتیجه گیری نهایی

اثرات مختلف افزودن آرد پوست هندوانه به فرمولاسیون نان باگت بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان و خصوصیات خمیر بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش میزان آرد پوست هندوانه، میزان پروتئین مخلوط آرد و نان ، به دلیل وجود پروتئین‌های موجود در پوست هندوانه افزایش یافت. کاهش pH و افزایش اسیدیته نان مشاهده شد که نشان‌دهنده وجود ترکیبات اسیدی در پوست هندوانه است. در حالی که انتظار می‌رفت افزایش آرد پوست هندوانه منجر به کاهش رطوبت نان شود، در این تحقیق دیده شد که رطوبت نان به دلیل خاصیت نگه‌داری آب فیبرهای موجود در پوست هندوانه افزایش یافت. در ارزیابی‌های حسی، پارامترهای مختلفی مانند طعم، بو، رنگ، چسبندگی، قابلیت جویدن، بافت و پذیرش کلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن پوست هندوانه تأثیر مثبتی بر برخی از این ویژگی‌ها، به ویژه در طعم، بو، رنگ و قابلیت جویدن نان داشت. در نهایت می توان گفت که افزودن آرد پوست هندوانه به فرمولاسیون نان باگت می‌تواند تأثیر مثبتی بر روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، فیزیکوشیمیایی و حسی نان داشته باشد.

٥-منابع

[1] Ashoka, S., Shamshad Begum, S., & Vijayalaxmi, K. (2021). Byproduct utilization of watermelon to develop watermelon rind flour-based cookies. *The Pharma Innovation Journal*, 10(2), 196-199.
[2] Cardoso, R. V., Fernandes, Â., Gonzaléz-Paramás, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2019). Flour fortification for nutritional and health improvement: A review. *Food Research International*, 125, 108576.
[3] Okoye, J., & Obi, C. (2017). Nutrient composition and sensory properties of wheat-African bread fruit composite flour cookies. *Sky Journal of Food Science*, 6(3), 027-032.
[4] Ahmadi Balootaki, M., Nasehi, B. (2017). Study of adding dried orange pulp on the properties of dough and bread. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 66(14), 325-334
[5] Feili, R., Zzaman, W., Abdullah, W. N. W., & Yang, T. A. (2013). Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Science and Technology*, 1(2), 30-36
[6] Salinas, M. V., Carbas, B., Brites, C., & Puppo, M. C. (2015). Influence of different carob fruit flours (Ceratonia siliqua L.) on wheat dough performance and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1561-1570
[7] Tuna Ağirbaş, H. E., Yavuz-Düzgün, M., & Özçelik, B. (2022). Valorisation of fruit seed flours: rheological characteristics of composite dough and

cake quality. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(4), 3117-3129.
[8] Verbeke, C., Debonne, E., Versele, S., Van Bockstaele, F., & Eeckhout, M. (2024). Technological Evaluation of Fiber Effects in Wheat-Based Dough and Bread. *Foods*, 13(16), 2582.
[9] Fao, F. (2018). *Food and agriculture organization of the United Nations*. Rome, URL: http://faostat. fao. org, 403-403.
[10] Maoto, M. M., Beswa, D., & Jideani, A. I. (2019). Watermelon as a potential fruit snack. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 355-370
[11] Mohan, A., & Shanmugam, S. (2016). Comparison of the nutritional, physico-chemical and anti-nutrient properties of freeze and hot air-dried watermelon (Citrullus Lanatus) rind. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(2), 1113-1119
[12] AACC, American Association of Cereal Chemists (2002) *Approved Methods of the AACC*. 8th Edition, American Association Cereal Chemistry., St. Paul.
[13] Yanyan, G., Hua, L., & Xuanxuan, Z. (2022). Enzymatic modification of wheat bran and its effect on flour farinograph properties and dough extensograph properties. *Journal of Light Industry*, 37(3).
[14] Chen, Y., Parrilli, A., Jaedig, F., Fuhrmann, A., Staedeli, C., Fischer, P., & Windhab, E. J. (2021). Micro-computed tomography study on bread dehydration and structural changes during ambient storage. *Journal of Food Engineering*, 296, 110462.
[15] Alotaibi, H. N., Anderson, A. K., & Sidhu, J. S. (2021). Influence of lutein content of marigold flowers on functional properties of baked pan bread. *Annals of Agricultural Sciences*, 66(2), 162-168.
[16] Oladzad Abbasabadi, N., Karazhiyan, H., & Keyhani, V., 2017, Addition of the chubak extract and egg white on biophysical properties of grape juice during evaporation process, *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), 12538.
[17] Moretton, M., Cattaneo, C., Mosca, A. C., Proserpio, C., Anese, M., Pagliarini, E., & Pellegrini, N. (2023). Identification of desirable mechanical and sensory properties of bread for the elderly. *Food Quality and Preference*, 104, 104716.
[18] Badr, S. (2015). Quality and antioxidant properties of pan bread enriched with watermelon rind powder. *Current Science International*, 4(1), 117-126.
[19] Imoisi, C., Iyasele, J., Michael, U., & Imhontu, E. (2020). The effects of watermelon rind flour on the functional and proximate properties of wheat bread. *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 45(5).
[20] Chakrabarty, N., Mourin, M. M., Islam, N., Haque, A. R., Akter, S., Siddique, A. A., & Sarker, M. (2020). Assessment of the potential of watermelon rind powder for the value addition of noodles. *Journal of Biosystems Engineering*, 45, 223-231
[21] Long, D. Q., Trieu, T. M., Tran, T. T. T., Le, T. T., & Ton, N. M. N. (2022). Pasta making from wheat semolina and watermelon rind: Effects of ratios of watermelon rind flour on the product quality. *VNUHCM Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 1711-1718.
[22] Arivuchudar, R. (2023). Nutritional and Sensory Characterization of Watermelon Rind Powder Incorporated Crackers. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 20(1), 263.
[23] Imoisi, C., Iyasele, J., Ikpahwore, D., & Okpebho, A. (2023). The effects of watermelon rind flour on the proximate properties of wheat cake. *International Journal of Nutrition Research and Health*, 2(1).
[24] PP, S. B., Sagar, V. R., Kar, A., Varghese, E., Singh, S., & Choudhary, H. (2022). Identification and quantification of physicochemical and bioactive components from sugar baby variety of watermelon (Citrullus lanatus). *Agricultural Research*, 11(3), 410-420
[25] Ho, L.-H., & Che Dahri, N. (2016). Effect of watermelon rind powder on physicochemical, textural, and sensory properties of wet yellow noodles. *CyTA-Journal of Food*, 14(3), 465-472.
[26] Cui, L., Chen, J., Zhai, J., Peng, L., & Xiong, Y. L. (2023). Hydrocolloids-aided control of oil penetration and distribution in deep-fried breaded fish nuggets. *Food Hydrocolloids*, 145, 109028.
[27] Correa, M. J., Arp, C. G., & Ferrero, C. (2021). Hydrocolloids in wheat breadmaking: traditional and novel uses. *Trends in wheat and bread making*, 227-254
[28] Huang, Z., Wang, J. J., Chen, Y., Wei, N., Hou, Y., Bai, W., & Hu, S.-Q. (2020). Effect of water-soluble dietary fiber resistant dextrin on flour and bread qualities. *Food Chemistry*, 317, 126452.
[29] Zhou, Y., Dhital, S., Zhao, C., Ye, F., Chen, J., & Zhao, G. (2021). Dietary fibre-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms. *Food Hydrocolloids*, 111, 106203
[30] González, M., Vernon-Carter, E., Alvarez-Ramirez, J., & Carrera-Tarela, Y. (2021). Effects of dry heat treatment temperature on the structure of wheat flour and starch in vitro digestibility of bread. *International Journal of Biological Macromolecules*, 166, 1439-1447.
[31] Pereira, T., Costa, S., Barroso, S., Teixeira, P., Mendes, S., & Gil, M. M. (2024). Development and optimization of high-protein and low-saturated fat bread formulations enriched with lupin and microalgae. *LWT*, 191, 115612.
[32] Plustea, L., Negrea, M., Cocan, I., Radulov, I., Tulcan, C., Berbecea, A., Popescu, I., Obistioiu, D., Hotea, I., Suster, G., Boeriu, A.E., & Alexa, E. (2022). Lupin (Lupinus spp.)-fortified bread: A sustainable,

nutritionally, functionally, and technologically valuable solution for bakery. *Foods*, 11(14), 2067
[33] Brito, I. d. L., Chantelle, L., Magnani, M., & Cordeiro, A. M. T. d. M. (2022). Nutritional, therapeutic, and technological perspectives of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(5), e16601.
[34] Zhang, Y., Liu, X., Yu, J., Fu, Y., Liu, X., Li, K., Yan, D., Barba, F.J., Ferrer, E., Wang, X., & Zhou, J. (2024). Effects of Wheat Oligopeptide on the Baking and Retrogradation Properties of Bread Rolls: Evaluation of Crumb Hardness, Moisture Content, and Starch Crystallization. *Foods*, 13(3), 397.
[35] Fu, Y., Liu, X., Xie, Q., Chen, L., Chang, C., Wu, W., Xiao, S., & Wang, X. (2021). Effects of Laminaria japonica polysaccharides on the texture, retrogradation, and structure performances in frozen dough bread. *LWT*, 151, 112239.
[36] Corrado, M., Zafeiriou, P., Ahn-Jarvis, J., Savva, G., Edwards, C., & Hazard, B. (2023). Impact of storage on starch digestibility and texture of a high-amylose wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 135, 108139.
[37] Bouaziz, F., Ben Abdeddayem, A., Koubaa, M., Ellouz Ghorbel, R., & Ellouz Chaabouni, S. (2020). Date seeds as a natural source of dietary fibers to improve texture and sensory properties of wheat bread. *Foods*, 9(6), 737.
[38] Huang, Z., Wang, J. J., Chen, Y., Wei, N., Hou, Y., Bai, W., & Hu, S.-Q. (2020). Effect of water-soluble dietary fiber resistant dextrin on flour and bread qualities. *Food Chemistry*, 317, 126452.
[39] Xu, J., Li, Y., Zhao, Y., Wang, D., & Wang, W. (2021). Influence of antioxidant dietary fiber on dough properties and bread qualities: A review. *Journal of Functional Foods*, 80, 104434.
[40] Abdullah, M. M., Aldughpassi, A. D., Sidhu, J. S., Al-Foudari, M. Y., & Al-Othman, A. R. (2021). Effect of psyllium husk addition on the instrumental texture and consumer acceptability of high-fiber wheat pan bread and buns. *Annals of Agricultural Sciences*, 66(1), 75-80.
[41] Korus, J., Juszczak, L., Witczak, M., & Ziobro, R. (2020). Effect of citrus fiber on the rheological properties of dough and quality of the gluten-free bread. *Applied Sciences*, 10(19), 6633.
[42] Wang, L., Shi, D., Chen, J., Dong, H., & Chen, L. (2023). Effects of Chinese chestnut powder on starch digestion, texture properties, and staling characteristics of bread. *Grain & Oil Science and Technology*, 6(2), 82-90.
[43] Ni, Q., Ranawana, V., Hayes, H. E., Hayward, N. J., Stead, D., & Raikos, V. (2020). Addition of broad bean hull to wheat flour for the development of high-fiber bread: Effects on physical and nutritional properties. *Foods*, 9(9), 1192.
[44] Celik, C., & Isik, F. (2023). Quality characteristics of gluten-free muffins fortified with watermelon rind powder. *Food Science and Technology*, 43, e113822.
[45] Shivapour, M., Yousefi, S., Ardabili, S. M. S., & Weisany, W. (2020). Optimization and quality attributes of novel toast breads developed based on the anti staling watermelon rind powder. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100073
[46] Naknaen, P., Itthisoponkul, T., Sondee, A., & Angsombat, N. (2016). Utilization of watermelon rind waste as a potential source of dietary fiber to improve health promoting properties and reduce glycemic index for cookie making. *Food Science and Biotechnology*, 25, 415-424.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Substitution of wheat flour with watermelon peel flour in the production of baguette bread

Matineh Coloup [1], Hojjat Karazhiyan [2*]

1- .MSc, Department of Food Science and Technology, ToH.C., Islamic Azad University, Torbat Heydarieh, Iran.

2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, ToH.C., Islamic Azad University, Torbat Heydarieh, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2025/3/23

Accepted:2025/6/3

Keywords:

watermelon peel flour,

Wheat flour substitute,

Rheological Properties,

Textural attributes,

Baguette bread

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.261.

*Corresponding Author E-

hojjat_karazhiyan@yahoo.com.

ABSTRACT

Today, the use of agricultural product waste to maximize the availability of nutrients is highly considered. In current research, the effect of adding watermelon peel flour at levels of 2.5, 5, 7.5, and 10 % w/w to wheat flour on the physicochemical, rheological, and sensory properties of baguette bread was investigated. The experiments included the evaluation of chemical characteristics (moisture, protein, fibre, ash content, pH, and acidity) of the flour and bread, rheological properties, physical properties, textural attributes, color indices and sensory characteristics. The results showed that moisture in watermelon peel flour was higher than in wheat flour. Fiber, protein and ash content increased with the addition of watermelon peel flour. Bread moisture increased due to the high-water absorption capacity of fibres in watermelon peel flour. Farinograph tests indicated that water absorption in the dough increased with higher levels of watermelon peel flour, while dough elasticity decreased. Bread density increased and specific volume decreased, which may be due to reduced gas retention capacity and a decrease in final volume. In terms of sensory attributes, samples (2.5%) followed by (5%) received the highest scores for taste and overall acceptability. This study showed that adding watermelon peel flour can enhance the nutritional value of bread, but attention should be paid to the decrease in bread volume and dough elasticity.