Archive of SID

بررسی تأثیر نشاسته مقاوم بر خصوصیات کیفی بربری (فر پز)

انوشه لطفی[a]، چنگیز اسفندیاری[b]*، مهدی سیدین اردبیلی[c]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] عضو مرکز تحقیقات غلات وزارت کشاورزی، تهران، ایران
[c] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1401.19.2.3.6 DOI:10.30495/JFTN.2022.19309

چکیده

مقدمه: نان یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در بسیاری از کشورها می‌باشد. امروزه تولیدکنندگان مواد غذایی و محصولاتی با فیبر بیشتر تولید می‌کنند که این رژیم‌های غذایی می‌تواند از بروز برخی از بیماری‌ها جلوگیری کند. در این پژوهش به بررسی تأثیر نشاسته مقاوم بر خصوصیات کیفی بربری پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق نشاسته مقاوم به مقدار ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد به فرمول نان بربری اضافه گردید. ارزیابی شیمیایی آرد و نشاسته مقاوم و آزمون‌های رئولوژیکی نمونه‌های نان انجام شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد، ویژگی‌های فارینوگرافی خمیرهای تولیدی، با افزایش سطح نشاسته مقاوم، میزان جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان مقاومت خمیر و عدد کیفی فارینوگراف (ارزش والوریمتری) افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) یافته و درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش معنی‌دار ($P<0.05$) می‌یابد. در ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیرها با افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) سطح نشاسته مقاوم، میزان انرژی افزایش، میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه افزایش، کشش‌پذیری کاهش و عدد نسبت افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) می‌یابد. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان نشان داد با افزایش سطح نشاسته مقاوم میزان رطوبت و فیبرخام، شاخص L* پوسته و بافت افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) و آنتالپی، ارتفاع، سفتی بافت تا سطح ۱۵ درصد نشاسته مقاوم، شاخص a* و b* پوسته و بافت کاهش معنی‌دار ($P<0.05$) یافت. معنی این نتایج بهبود رنگ، بافت، خواص و تاخیر در بیاتی نان در طول دوره نگهداری ۵ روزه با افزایش مشخص میزان نشاسته مقاوم در فرمولاسیون است.

نتیجه‌گیری: در نهایت ارزیابی حسی نشان داد نمونه‌های نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره و ۵٪ نشاسته مقاوم دارای بالاترین امتیاز از نظر ویژگی‌های ظاهری، بافت، تازگی نان و پذیرش کلی بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: *ارزیابی حسی، اکستنسوگراف، فارینوگراف، نان بربری، نشاسته مقاوم*

* نویسنده مسئول مکاتبات email:changiz.esfandyari@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

صنعت فرآورده‌های غلات یکی از بزرگ‌ترین گروه‌های صنایع غذایی در دنیا است (Matsakidou *et al.*, 2010). محصولات نانوایی نقش مهمی در تغذیه انسان عموماً در فرهنگ اروپایی، خاورمیانه و هندی‌ها دارند. متاسفانه نان متعلق به غذاهای دارای شاخص گلایسمیک بالا می‌باشد و به این معنی است که قند زیادی آزاد کرده و قند خون پس از مصرف نان بالا می‌رود (Gelencsér *et al.*, 2007). گنجاندن فیبر در رژیم غذایی انسان فراهم کننده مزایایی برای سلامتی می‌باشد. مطالعات بسیاری نشان می‌دهد که در افراد با رژیم غذایی سرشار از فیبر، احتمال خطرات بیماری‌های خاص مانند سرطان، بیماری کرونر قلب، چاقی کاهش می‌یابد (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010). نشاسته مقاوم[1] به بخشی از نشاسته و محصولات آن اشاره دارد که به هضم مقاومت دارند و از دستگاه گوارش عبور می‌کنند. نشاسته مقاوم بخشی از نشاسته است که در داخل روده کوچک در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه پس از مصرف به D–گلوکز هیدرولیز نمی شود، اما در روده بزرگ تخمیر می‌شود (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010). نشاسته مقاوم به هضم، هم باکتری‌های مفید را تغذیه می‌کند و هم غیرمستقیم با افزایش مقدار بوتیرات، سلول‌های کولون را تغذیه می‌نماید (Shi & Maningat, 2013). Majzoobi و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی " تاثیر افزودن نشاسته گندم اصلاح شده با فرایند حرارتی رطوبتی بر ویژگی‌های خمیر و نان حجیم" پرداختند و نشان دادند که نشاسته‌های اصلاح شده توانستند مهاجرت آب از مغز به پوسته نان را به تاخیر بیندازند. Ghazanfarzadeh و Kadivar در سال ۲۰۱۴ به کاربرد نشاسته مقاوم روی خصوصیات خمیر و نان بدون گلوتن پرداختند و بیان کردند که استفاده از فیبرهای غذایی اثرات مفیدی بر سلامتی انسان و مقابله با چاقی دارد. Lin و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی تأثیر نان حاوی نشاسته مقاوم پرداختند و نتیجه گرفتند که تأثیر بسزایی در کاهش بیاتی داشتند. Altuna و همکاران در تحقیقات دیگر در سال ۲۰۱۶ به بررسی رفتار رئولوژیکی بنیادی خمیر نان غنی شده با نشاسته مقاوم پرداختند و دریافتند که بیاتی نشاسته گندم بعد از ۷ روز نگهداری مشاهده شد. در ایران هم با توجه به اینکه مصرف نان به خصوص در بین قشر ضعیف‌تر جامعه زیاد می‌باشد و بربری هم دومین نان پرمصرف کشور می‌باشد، لذا یافتن راهکارهایی برای تولید نانی با کیفیت مطلوب ضروری می‌باشد. باتوجه به اینکه افزودن نشاسته مقاوم به محصولات منجر به ایجاد فواید سلامتی فراوان و خصوصیات عملکردی بی‌نظیر می‌گردد. بررسی امکان استفاده از نشاسته‌های اصلاح شده به عنوان بهبود دهنده نان و جایگزین کردن آنها با برخی بهبود دهنده‌های وارداتی وگران قیمت امری لازم و مفید می‌باشد.

مواد و روش ها

- تهیه نمونه‌های نان

مواد اولیه به کار رفته در فرمولاسیون نان بربری شامل آرد گندم، نمک، مخمر نانوایی و آب می‌باشد. فرمول پایه برای تهیه نان بربری بر اساس فرمولاسیون ارائه شده توسط شرکت نان سحر بود. مراحل تهیه نان در شکل ۱ آورده شده است. ۱۰۰ کیلوگرم آرد گندم با درجه استخراج ۸۲ درصد، به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم آرد با توجه به جذب آب آرد، مقدار آب محاسبه گردید و هم چنین ۲ درصد وزن آرد مخمر خشک فوری و ۱ درصد نمک اضافه شد. برای این پژوهش مقدار ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ٪ وزنی آرد از نشاسته مقاوم به مواد اولیه خمیر در حین مخلوط کردن اضافه گشت. کلیه مواد در میکسر اسپیرال به مدت ۲ دقیقه با دور کند و ۶ دقیقه با دور تند با یکدیگر مخلوط شدند. خمیر آماده شده روی میز استیل به چانه‌های ۵۰۰ گرمی تقسیم شده و به مدت ۲۰ دقیقه در گرمخانه با دمای ۳۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ درصد قرار داده شدند. پس از طی این زمان، خمیرهای نیمه ور آمده از گرمخانه خارج شده، توسط دست به شکل مسطح (نان بربری) فرم داده شده و پنجه زده شدند. سپس رومال تهیه شده از تخم مرغ توسط یک فرچه روی آن‌ها مالیده شده و مجدداً به داخل گرمخانه انتقال یافتند تا به مدت ۶ دقیقه دیگر روند تخمیر کامل گردد. خمیرهای رسیده (با حدود ۲ برابر افزایش حجم)، به مدت ۱۱ دقیقه در فر ایستاده با دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا روی آن‌ها طلایی

[1] Resistant Starch

www.SID.ir

Archive of SID

گردد (در ابتدای فر بخار داده می‌شوند). پس از خروج از فر، نان‌ها روی میز قرار داده شدند تا خنک گردند و سپس در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند.

- آزمون‌های شیمیایی

ارزیابی شیمیایی آرد و نشاسته مقاوم و تیمارهای مورد بررسی، آزمون‌های رطوبت طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۵، خاکستر مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۳، پروتئین به روش استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۰۵۲، گلوتن مرطوب طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۶۳۹، ته نشینی (عدد زلنی) بر اساس روش AACC به شماره ۱۱-۵۴ مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳۶۸۱، تعیین فیبر خام بر اساس روش AACC به شماره ۱۰-۳۲ مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۰۵ و تعیین عدد فالینگ بر اساس روش AACC به شماره ۵۶-B-۸۱ انجام گردید.

- آزمون‌های رئولوژیکی

تعیین جذب آب و خواص رئولوژی با استفاده از دستگاه فارینوگراف بر اساس روش AACC به شماره ۲۱-۵۴ انجام شد. تعیین خواص رئولوژی با استفاده از دستگاه اکستنسوگراف بر اساس روش AACC به شماره ۱۰-۵۴ انجام شد. ارتفاع نان‌های تولیدی توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد (Majzoobi *et al.*, 2015). ارزیابی پروفایل بافت به وسیله دستگاه Texture analyzer brook field مدل CT3 ساخت کشور امریکا به منظور تغییرات بافتی صورت گرفت. میزان سفتی[1] نمونه بر حسب نیوتن با سلول بارگذاری[2] ۴/۵ کیلوگرم و با استفاده از آزمون تجزیه و تحلیل الگوی بافت[3](TPA) تعیین شد. پروب مورد استفاده در این آزمون از نوع TA ۲۵/۱۰۰۰ استوانه‌ایی و سرعت آن یک میلی‌متر در ثانیه بوده است. نمونه‌ها در ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر برش خوردند و تا ۲۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شدند (Majzoobi و همکاران، ۲۰۱۰). به منظور آنالیز خصوصیات حرارتی نمونه‌های نان از دستگاه SETARAM DSC131 (ساخت فرانسه) استفاده شد. در نهایت آنتالپی رتروگراداسیون (ΔH) نمونه‌های نان در فواصل زمانی ۱، ۳، ۵ روز پس از پخت نان به صورت خودکار محاسبه شد (Majzoobi *et al.*, 2011). رنگ پوسته و مغز، نمونه های نان به وسیله هانترلب اندازه‌گیری شد و مقادیر رنگ به صورت L* (میزان روشنی- تیرگی)، b* (میزان زردی- آبی)، a* (میزان قرمزی-سبزی) گزارش شدند(Lothrop, 2012). ارزیابی حسی شامل ویژگی‌های ظاهری، رنگ، بافت، طعم و بو، میزان تازگی نان و مقبولیت کلی با استفاده از روش هدونیک ۵ امتیازی توسط ۱۲ نفر ارزیاب آموزش دیده با تکمیل پرسش نامه ارزیابی پس از پخت نان انجام گرفت. در این آزمون عدد ۱ نشان دهنده پایین ترین امتیاز داده شده توسط ارزیاب‌ها و عدد ۵ بالاترین امتیاز است (Majzoobi و همکاران، ۲۰۱۰).

- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق به منظور بررسی وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ و آنالیز واریانسANOVA و آزمون مقایسه چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری P>۰/۰۵ برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شده است.هم چنین توسط نرم افزار اکسل نمودارهای مربوطه رسم گردید.

یافته‌ها

نتایج مربوط به آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی آرد گندم و نشاسته مقاوم مصرف شده در تولید خمیردر جدول ۱ نشان داده شده است.

مطابق مشخصات ارائه شده در برگه آنالیز دریافتی از شرکت سازنده (*Ingredion*) میزان رطوبت نشاسته مقاوم به هضم (*HI-MAIZE®260*) تولیدی ۱۴-۱۰ درصد، میزان پروتئین ۰/۶ درصد و میزان فیبر رژیمی ۶۱ درصد می‌باشد. مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۳، آرد گندم مورد نیاز برای تهیه نان بربری دارای خاکستر ۰/۸۵-۰/۰۷ درصد وزنی بر مبنای ماده خشک، رطوبت حداکثر ۱۴/۲ درصد وزنی، پروتئین حداقل ۱۱/۵ درصد وزنی بر مبنای ماده خشک، گلوتن مرطوبت حداقل ۲۷ و اسیدیته حداکثر ۲/۴ می‌باشد. هم چنین میزان عدد فالینگ ۲۵۰ تا ۴۰۰ ثانیه و میزان عدد زلنی حداقل ۲۸ میلی لیتر در نظر گرفته می‌شود. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود

[1] Hardness [2] Loadcell [3] Texture Porfile Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

آرد ستاره مورد نیاز برای تهیه نان بربری دارای ویژگی‌های مطابق استاندارد ملی ایران می‌باشد اما عدد فالینگ اندازه گیری شده کمی بیشتر از محدوده ذکر شده در استاندارد است که نشان دهنده فعالیت آنزیمی کمتر می‌باشد. نجفی و همکاران در سال ۱۳۸۷ به بررسی امکان استفاده از مخلوط آرد چاودار و گندم در تولید نان بربری پرداختند. نتایج آزمون‌های شیمیایی نشان داد آرد گندم مورد استفاده در تهیه نان بربری دارای پروتئین ۱۱/۸۸ درصد، خاکستر ۰/۶۶ درصد، رطوبت ۱۱/۹۳ درصد، گلوتن مرطوب ۲۹/۸ درصد و عدد فالینگ ۳۵۲ ثانیه بوده است. یقبانی در سال ۱۳۹۰ به مقایسه تأثیر آرد مالت گندم و جو بدون پوشینه بر ویژگی‌های کیفی نان بربری پرداخت. نتایج آزمون‌های شیمیایی نشان داد آرد گندم مورد استفاده در تهیه نان بربری (۸۸ درصد استخراج)، دارای رطوبت ۱۱/۲ درصد، پروتئین ۱۱/۵ درصد، خاکستر ۰/۸۲ درصد و عدد فالینگ ۴۴۰ ثانیه بوده است.

ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرهای تولیدی با استفاده از فارینوگراف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

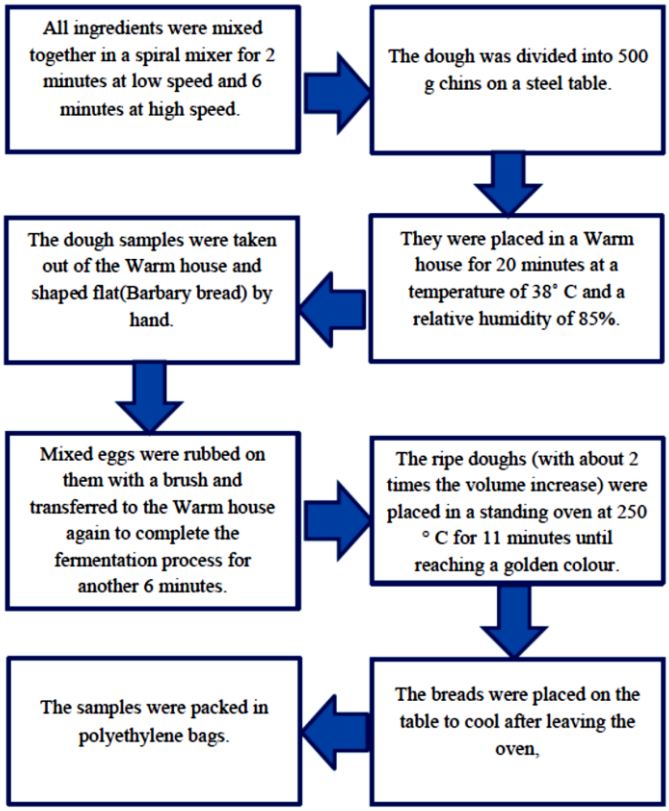

Figure 1- Steps of Barbary bread preparing

شکل ۱- مراحل تهیه نان بربری

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و نشاسته مقاوم مصرف شده در تولید خمیر

Table 1. Chemical properties of wheat flour and resistant starch used in dough production

Sample Name	Wet Gluten(%)	Falling Number (s)	Zelni Number (ml)	Fiber (%)	Protein (%W)	Moisture (%W)	Ash (%W)
wheat flour	0.56±28.40	1.41±438.00	0.84±28.10	0.02±0.59	0.14±11.70	0.07±9.35	0.03± 0.37
Resistant starch	–	–	–	0.19±5.49	0.04±0.63	0.29±10.56	0.04±0.17

نتایج به صورت انحراف معیار± میانگین گزارش شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های فارینوگرافی خمیرهای تولیدی

Table 2– Results of comparing the average pharynographic characteristics of the produced doughs

Sample name	Farinograph quality number (valorimetric value)	Looseness after 10 minutes (BU)	Looseness after 20 minutes (BU)	Dough resistance time (m)	Dough spread time (m)	Water absorption rate (%)
(Control) Star flour	0.17 ± 48.67^{A}	0.15 ± 71.10^{E}	0.40 ± 126.10^{E}	0.16 ± 4.36^{A}	0.02 ± 3.14^{A}	0.40 ± 51.50^{A}
Star flour + 5% resistant starch	0.67 ± 52.00^{B}	0.50 ± 65.50^{D}	0.45 ± 117.00^{D}	0.04 ± 4.54^{B}	0.05 ± 3.25^{B}	0.70 ± 53.00^{B}
Star flour + 10% resistant starch	0.59 ± 58.00^{C}	0.80 ± 60.00^{C}	0.67 ± 110.00^{C}	0.03 ± 4.73^{C}	0.07 ± 3.47^{C}	0.59 ± 55.50^{C}
Star flour + 15% resistant starch	0.67 ± 60.00^{D}	0.50 ± 58.00^{B}	0.15 ± 90.00^{B}	0.02 ± 4.92^{D}	0.02 ± 3.62^{D}	0.73 ± 59.00^{D}
Star flour + 20% resistant starch	0.54 ± 63.00^{E}	0.50 ± 57.00^{A}	0.61 ± 78.00^{A}	0.12 ± 5.12^{E}	0.03 ± 3.77^{E}	0.15 ± 60.50^{E}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بین میزان جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان مقاومت خمیر و عدد کیفی فارینوگراف (ارزش والوریمتری) تمام نمونه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود ($P<0.05$) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای کمترین میزان جذب آب، کمترین زمان گسترش خمیر، کمترین زمان مقاومت خمیر و کمترین عدد کیفی فارینوگراف (ارزش والوریمتری) و نمونه آرد ستاره +۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان جذب آب، بیشترین زمان گسترش خمیر، بیشترین زمان مقاومت خمیر و بیشترین عدد کیفی فارینوگراف (ارزش والوریمتری) می‌باشد. اضافه کردن فیبرهای غذایی بر هم کنش‌های میان اجزای خمیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خمیر در واقع شبکه پیوسته ژل گلوتن هیدراته است که گرانول‌های نشاسته به صورت ذاتی در آن پراکنده شده‌اند و آب ممکن است در ساختار خمیر به صورت توده یا به صورت قطره‌های کوچک در شبکه پروتئین یا اطراف گرانول‌های نشاسته حضور داشته باشد. در چنین ساختار فشرده‌ای، نشاسته مقاوم دارای تمایل برای جذب آب می‌باشند و بنابراین پراکندگی آب در ساختار خمیر را تغییر می‌دهند. حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار نشاسته مقاوم، سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود و به همین دلیل جذب آب افزایش می‌یابد (Cavallero *et al.*, 2002; Md Zaidul *et al.*, 2004). علت افزایش زمان گسترش خمیر در تحقیق حاضر، حضور گروه های هیدروکسیل در ساختار نشاسته مقاوم بوده که سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود. در واقع پیوندهای هیدروژنی بین بین گلوتن و نشاسته مقاوم تشکیل می‌گردد (Movahhed و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین نشاسته مقاوم، پراکندگی آب را در ساختار خمیر تغییر می‌دهد به گونه ای که حضور تعداد زیاد گروه های هیدروکسیل در ساختار آنها در زمان تشکیل خمیر حاصل نقشی اساسی دارند. از سویی بین نشاسته مقاوم با گلوتن می‌تواند رقابت بر سر جذب آب صورت پذیرد که این مسئله احتمالاً بر ساختار خمیر و زمان گسترش خمیر تأثیرگذار است (Skendi *et al.*, 2009). ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرهای تولیدی با استفاده از اکستنسوگراف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های آن‌ها در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بین میزان جذب آب، میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و عدد نسبت تمام نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود ($P<0.05$) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای کمترین میزان جذب آب، کمترین میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و کمترین عدد نسبت در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان جذب آب، بیشترین میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و بیشترین عدد نسبت در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه می‌باشد. بین میزان انرژی نمونه آرد ستاره شاهد و آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم در

www.SID.ir

Archive of SID

زمان تخمیر ۴۵ دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>0.05) اما بین میزان انرژی سایر نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه با یکدیگر و با نمونه‌های فوق اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (P<0.05) و نمونه آرد ستاره شاهد و آرد ستاره +۵٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان انرژی در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان انرژی در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه می‌باشد. بین میزان کشش پذیری تمام نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (P<0.05) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای بیشترین میزان کشش پذیری در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان کشش پذیریدر زمان تخمیر ۴۵ دقیقه می‌باشد.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بین میزان جذب آب، میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و عدد نسبت تمام نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (P<0.05) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای کمترین میزان جذب آب، کمترین میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و کمترین عدد نسبت در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه و نمونه آرد ستاره +۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان جذب آب، بیشترین میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و بیشترین عدد نسبت در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه می‌باشد.بین میزان انرژی نمونه آرد ستاره شاهد و آرد ستاره +۵٪ نشاسته مقاوم در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه اختلاف معنی داری وجود ندارد (P>0.05) اما بین میزان انرژی سایر نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر۹۰ دقیقه با یکدیگر و با نمونه‌های فوق اختلاف معنی دار مشاهده می‌شود (P<0.05) و نمونه آرد ستاره شاهد و آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان انرژی در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان انرژی در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه می‌باشد. بین میزان کشش پذیری تمام نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (P<0.05) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای بیشترین میزان کشش پذیری در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان کشش پذیریدر زمان تخمیر ۹۰ دقیقه می‌باشد.

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود بین میزان جذب آب، میزان انرژی، میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و عدد نسبت تمام نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (P<0.05) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای کمترین میزان جذب آب، کمترین میزان انرژی، کمترین میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و کمترین عدد نسبت در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان جذب آب، بیشترین میزان انرژی، بیشترین میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه و بیشترین عدد نسبت در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه می‌باشد. بین میزان

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیرهای تولیدی در زمان تخمیر ۴۵ دقیقه

Table 3– Comparison of the average extensographic characteristics of the produced doughs during the fermentation time of 45 minutes

Sample name	Ratio number (BU/mm)	Tensile strength (mm)	Stretch resistance after 5 minutes (BU)	Energy (cm^2)	Flour water absorption rate (%)
(Control) star flour	0.00 ± 1.16^{A}	0.49 ± 155.00^{E}	0.73 ± 180.00^{A}	0.51 ± 43.86^{A}	0.40 ± 51.50^{A}
Star flour + 5% resistant starch	0.00 ± 1.43^{B}	0.54 ± 139.00^{D}	0.19 ± 200.00^{B}	0.49 ± 44.66^{A}	0.70 ± 53.00^{B}
Star flour + 10% resistant starch	0.00 ± 1.76^{C}	0.20 ± 130.00^{C}	0.29 ± 230.00^{C}	0.22 ± 47.00^{B}	0.59 ± 55.50^{C}
Star flour + 15% resistant starch	0.00 ± 2.17^{D}	0.17 ± 124.00^{B}	0.35 ± 270.00^{D}	0.65 ± 52.00^{C}	0.73 ± 59.00^{D}
Star flour + 20% resistant starch	0.00 ± 3.00^{E}	0.09 ± 100.00^{A}	0.26 ± 300.00^{E}	0.19 ± 56.00^{D}	0.15 ± 60.50^{E}

نتایج به صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیرهای تولیدی در زمان تخمیر ۹۰ دقیقه

Table 4- Comparison of the average extensographic characteristics of the produced doughs during the fermentation time of 90 minutes

Sample name	Ratio number (BU/mm)	Tensile strength (mm)	Stretch resistance after 5 minutes (BU)	Energy (cm^2)	Flour water absorption rate (%)
(Control) Star flour	0.00 ± 1.66^{A}	0.29 ± 150.00^{E}	0.65 ± 250.00^{A}	0.50 ± 46.00^{A}	0.40 ± 51.50^{A}
Star flour + 5% resistant starch	0.01 ± 2.12^{B}	0.59 ± 127.00^{D}	0.44 ± 270.00^{B}	0.46 ± 46.66^{A}	0.70 ± 53.00^{B}
Star flour + 10% resistant starch	0.00 ± 2.32^{C}	0.27 ± 125.00^{C}	0.26 ± 290.00^{C}	0.94 ± 50.00^{B}	0.59 ± 55.50^{C}
Star flour + 15% resistant starch	0.01 ± 3.04^{D}	0.46 ± 105.00^{B}	0.23 ± 320.00^{D}	0.17 ± 54.00^{C}	0.73 ± 59.00^{D}
Star flour + 20% resistant starch	0.03 ± 4.13^{E}	0.86 ± 92.00^{A}	0.21 ± 380.00^{E}	0.13 ± 59.00^{D}	0.15 ± 60.50^{E}

نتایج به صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

جدول ٥- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیرهای تولیدی در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه

Table 5- Comparison of the average extensographic characteristics of the produced doughs during the fermentation time of 135 minutes

Sample name	Ratio number (BU/mm)	Tensile strength (mm)	Stretch resistance after 5 minutes (BU)	Energy (cm^2)	Flour water absorption rate (%)
(Control)star flour	0.00 ± 1.79^{a}	0.09 ± 145.00^{E}	0.31 ± 260.00^{a}	0.40 ± 47.00^{a}	0.40 ± 51.50^{a}
Star flour + 5% resistant starch	0.00 ± 2.19^{b}	0.12 ± 132.00^{D}	0.09 ± 290.00^{b}	0.24 ± 50.00^{b}	0.70 ± 53.00^{b}
Star flour + 10% resistant starch	0.00 ± 2.56^{c}	0.21 ± 121.00^{c}	0.11 ± 310.00^{c}	0.12 ± 53.00^{c}	0.59 ± 55.50^{c}
Star flour + 15% resistant starch	0.02 ± 4.00^{d}	0.61 ± 90.00^{b}	0.37 ± 360.00^{d}	0.22 ± 55.00^{d}	0.73 ± 59.00^{d}
Star flour + 20% resistant starch	0.01 ± 4.88^{e}	0.37 ± 84.00^{a}	0.33 ± 410.00^{e}	0.07 ± 61.00^{e}	0.15 ± 60.50^{e}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

کشش پذیری تمام نمونه‌های مورد بررسی در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود ($P<0.05$) و نمونه آرد ستاره شاهد دارای بیشترین میزان کشش پذیری در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه و نمونه آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان کشش‌پذیری در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه می‌باشد. از مقایسه جدول‌های ۳ و ۴ و ۵ می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش زمان تخمیر از ۴۵ دقیقه به ۱۳۵ دقیقه، میزان انرژی افزایش، میزان مقاومت به کشش افزایش، میزان کشش‌پذیری کاهش و عدد نسبت نیز افزایش یافته است.ویژگی مساحت یا انرژی، همان سطح زیر منحنی است که نشان دهنده کل انرژی مصرفی به منظور کشیدن خمیرمی باشد. با افزایش سطح نشاسته مقاوم میزان انرژی افزایش می‌یابد که علت نتیجه حاصل شده را می‌توان به ایجاد پیوندهای هیدروکسیل با اتصالات هیدروژنی بین گلوتن با پریبیوتیک‌های نشاسته مقاوم نسبت داد که سبب افزایش انرژی خمیر یا سطح زیر منحنی اکستنسوگرام در مقایسه با نمونه شاهد. افزایش مقاومت به کشش خمیر در نتیجه افزایش سطوح نشاسته مقاوم می‌تواند مربوط به برهم کنش بین نشاسته مقاوم، با پروتئین های آرد باشد. در واقع بر هم کنش های میان نشاسته مقاوم به هضم و گلوتن می‌توانند تمایل برای جذب و پراکندگی آب را در ساختار خمیر تغییر دهند (Movahhed و همکاران، ۲۰۱۳). واحدهای آمیلوز در گرانول های نشاسته مقاوم، در ایجاد شبکه پایدار و پیوسته مؤثر هستند زیرا سبب افزایش اتصالات بین واحدهای آمیلوز با پروتئین گلوتن شده لذا مقاومت به کشش زیاد می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که حضور گروه های هیدروکسیل در ساختار هرگونه فیبر رژیمی سبب ایجاد

www.SID.ir

Archive of SID

اتصالات هیدروژنی بیشتر بین H– و OH– از دو کربن شده و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود که این مسئله مقاومت به کشش را زیاد می‌کند (Wang *et al.*, 2002). نتایج مقایسه میانگین میزان رطوبت نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید در جدول ۶ نشان داده شده است.

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود در روزهای اول و سوم پس از تولید، بین میزان رطوبت نمونه‌های نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره +۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود ($P>0.05$). همچنین بین میزان رطوبت نمونه‌های نان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P>0.05$) و نمونه نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان رطوبت در بین نمونه‌های مورد بررسی می‌باشد. در روز پنجم پس از تولید، بین میزان رطوبت نمونه‌های نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی شود ($P>0.05$) اما بین میزان رطوبت سایر نمونه‌های مورد بررسی با یکدیگر و با نمونه‌های فوق اختلاف معنی دار وجود دارد ($P<0.05$) و نمونه‌های نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره +۵٪ نشاسته دارای کمترین میزان رطوبت و نمونه نان حاوی آرد ستاره +۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان رطوبت در بین نمونه‌های مورد بررسی می‌باشد. علت آن اینست که، افزایش جذب آب آرد حاوی نشاسته مقاوم، موجب می‌شود تا شبکه گلوتنی هر چه منظم تر تشکیل شود و ساختار مناسب تری قبل از پخت نان به دست آورد. افزایش جذب آب فارینوگراف، سبب افزایش ماندگاری محصول و وزن نان، بهبود قابلیت پهن کردن خمیر، کاهش از دست رفتن رطوبت فرآورده حین پخت و بهبود طعم جزئی نان می‌شود. آب جذب شده، در طول فرآیند پخت، سبب ایجاد بافت مرطوب در نان تازه می‌شود و آزاد شدن آن در طول دوره نگهداری نان سبب کاهش سفتی و شکنندگی بافت نان می‌گردد (AbdelAal *et al.*, 2002). Salehi و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی شده با پودر سیب پرداختند. در این پژوهش عنوان شد با افزایش درصد جایگزینی پودر سیب، میزان رطوبت در نمونه‌های کیک افزایش یافته است که با پژوهش ما مطابقت دارد. Maghsodloo و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر فیبرهای نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های کیفی و حسی کیک‌های اسفنجی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد با گذشت زمان، میزان یا محتوای رطوبت نمونه‌های کیک کاهش می‌یابد. دلیل چنین پدیده‌ای را شاید بتوان قابلیت بالای فیبر در افزایش ظرفیت نگهداری آب برشمرد. نتایج نشان داد که از سطح ۱۵ درصد جایگزینی نشاسته مقاوم به بالا، افزایش رطوبت بصورت معنی‌داری نمایان بود که با پژوهش ما مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین میزان آنتالپی نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ٦- مقایسه میانگین میزان رطوبت نمونه‌های نان بربری تولید شده در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

Table 6- Comparison of results of the average moisture content of Barbari bread samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production

Sample name	Moisture (%) Day 5	Moisture (%) Day 3	Moisture (%) Day 1
(Control) Star flour	0.27 ± 15.43^{Ac}	0.31 ± 19.30^{Ab}	0.85 ± 24.67^{Aa}
Star flour + 5% resistant starch	0.61 ± 16.21^{Ac}	0.58 ± 20.54^{Ab}	0.84 ± 25.70^{Aa}
Star flour + 10% resistant starch	0.50 ± 18.55^{Bc}	0.77 ± 23.20^{Bb}	0.75 ± 27.48^{Ba}
Star flour + 15% resistant starch	0.44 ± 21.63^{Cc}	0.51 ± 24.46^{Bb}	0.41 ± 28.29^{Ba}
Star flour + 20% resistant starch	0.40 ± 23.55^{Dc}	0.41 ± 26.55^{Cb}	0.10 ± 30.07^{Ca}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین میزان آنتالپی نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

Table 7- Comparison of the average enthalpy of Barbari bread samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production

Sample name	Enthalpy (j/gr) Day5	Enthalpy (j/gr) Day3	Enthalpy (j/gr) Day1
(Control) star flour	0.75 ± 525.65^{Ec}	0.06 ± 471.49^{Eb}	0.03 ± 370.15^{Ea}
Star flour + 5% resistant starch	0.74 ± 453.25^{Dc}	0.60 ± 380.07^{Db}	0.56 ± 205.26^{Da}
Star flour + 10% resistant starch	0.65 ± 348.96^{Cc}	0.50 ± 243.30^{Cb}	0.85 ± 187.25^{Ca}
Star flour + 15% resistant starch	0.44 ± 296.31^{Bc}	0.20 ± 186.41^{Bb}	0.37 ± 138.47^{Ba}
Star flour + 20% resistant starch	0.28 ± 148.83^{Ac}	0.65 ± 112.69^{Ab}	0.51 ± 88.60^{Aa}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در روزهای اول، سوم و پنجم پس از تولید، بین میزان آنتالپی تمام نمونه‌های مورد بررسی اختلاف معنی دار مشاهده می‌شود ($P<0.05$) و نمونه نان شاهد دارای بیشترین میزان آنتالپی و نمونه نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان آنتالپی در بین نمونه‌های مورد بررسی می‌باشند. همچنین همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در تمامی نمونه‌های مورد بررسی و بین میزان آنتالپی تمامی روزهای (از روز اول تا پنجم) آزمون اختلاف معنی دار وجود دارد ($P<0.05$) و با افزایش زمان نگهداری میزان آنتالپی در مورد همه نمونه‌ها افزایش یافته است که این میزان افزایش در مورد نمونه‌های حاوی نشاسته مقاوم (خصوصاً مقادیر بالاتر) کمتر می‌باشد. ارتباط معکوسی بین محتوای رطوبت و سرعت بیاتی در نان وجود دارد و چون محتوای رطوبتی نان‌های دارای نشاسته مقاوم بیشتر است بنابراین سرعت بیاتی و میزان آنتالپی در آن‌ها کمتر می‌باشد (Gray and Bemiller, 2003). سفتی نان به طور گسترده به عنوان ابزاری برای ارزیابی بیاتی نان استفاده می‌شود، اگرچه بیاتی یک پدیده پیچیده است که نمی تواند توسط یک عامل شرح داده شود. اثر نرم کنندگی نشاسته مقاوم و متعاقباً به تأخیر انداختن بیاتی می‌تواند مرتبط با ظرفیت بالای حفظ آب و احتمالاً قدرت بازدارنگی رتروگراداسیون آمیلوپکتین باشد (Skendi *et al.*, 2010). در طی پخت، نشاسته موجود در محصولات پخت ژلاتینه می‌شود و ساختار آمورف ایجاد می‌کند. در طی نگهداری محصول، ساختار بلوری نشاسته کم کم و در مقیاس محدود برگشت پیدا می‌کند که به این فرآیند واگشتگی (رتروگراداسیون) نشاسته گفته می‌شود. در این فرآیند پیچیده زنجیره‌های آمیلوز که در اثر ژلاتینه شدن، محلول شده اند، در اثر سرد کردن و ماندن تجمع می‌یابند و یک ساختار بلوری سه بعدی را تشکیل می‌دهند. فرآیند واگشتگی آمیلوز کوتاه است، اما واگشتگی آمیلوپکتین به زمان طولانی تر(چند روز تا چند هفته) نیاز دارد. این فرآیند از آن جا که موجب تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و حسی محصول می‌شود از نظر تکنولوژیکی محصولات پخت به ویژه بیاتی حائز اهمیت است. در تحقیقات صورت گرفته، میزان آنتالپی در آزمون DSC معادل میزان نشاسته واگشته در نظر گرفته شده و آن را مقدار انرژی لازم برای ذوب بلورهای نشاسته واگشته دانسته اند (Salehifar و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج مقایسه میانگین میزان فیبرخام نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روز اول پس از تولید در نمودار ۱ نشان داده شده است. در روز اول پس از تولید، بین میزان فیبرخام نمونه‌های شاهد و نان حاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P>0.05$). همچنین بین میزان فیبرخام نمونه‌های نان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ($P>0.05$) و نمونه نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم دارای بیشترین میزان فیبرخام در بین نمونه‌های مورد بررسی می‌باشد. نشاسته مقاوم یک فیبر رژیمی است که به عنوان "کربوهیدرات‌های غیر قابل

www.SID.ir

Archive of SID

هضم و لیگنینی که در بافت گیاه به صورت ذاتی و دست نخورده در باقی مانده" تعریف شده است که درآن غیر قابل هضم به این معنی است که در روده کوچک انسان جذب یا هضم نمی شود (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010). علت افزایش فیبر در نمونه‌های حاوی نشاسته مقاوم، سرشار بودن این فرآورده از فیبر است.

Moradi و همکاران در سال ۲۰۱۸ به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی غنی شده با فیبرسیب درختی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد تأثیر افزایش جایگزینی فیبر سیب درختی به جای آرد گندم موجب افزایش معنی‌دار درصد فیبرخام در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد می‌شود که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. Gularte و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی اثر فیبرهای مختلف بر خواص خمیر و کیک لایه‌ای فاقد گلوتن پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از فیبرهای مختلف منجر به افزایش درصد فیبر رژیمی و فیبرخام در نمونه‌های کیک شده است که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین میزان ارتفاع نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید در جدول ۸ نشان داده شده است.

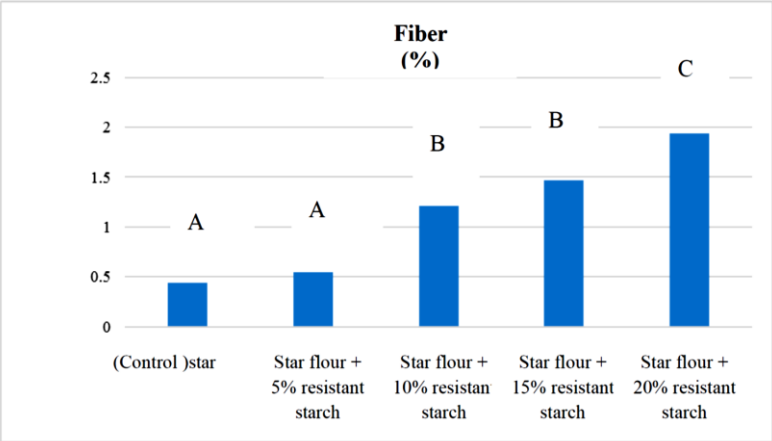

Figure 1. Results of comparing the average amount of crude fiber of Barbari bread samples produced containing different levels of resistant starch on the first day after production

نمودار ۱- نتایج مقایسه میانگین میزان فیبرخام نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روز اول پس از تولید

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین میزان ارتفاع نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

Table 8- Results of comparing the average height of Barbari bread samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production

Sample name	Height (mm) Day5	Height (mm) Day3	Height (mm) Day1
(Control) star flour	0.04 ± 2.18^{Db}	0.05 ± 2.24^{Da}	0.04 ± 2.31^{Da}
Star flour + 5% resistant starch	0.03 ± 2.15^{Ca}	0.05 ± 2.20^{Ca}	0.02 ± 2.28^{Ca}
Star flour + 10% resistant starch	0.10 ± 1.91^{Ba}	0.05 ± 2.06^{Ba}	0.02 ± 2.17^{Ba}
Star flour + 15% resistant starch	0.08 ± 1.70^{Ab}	0.06 ± 1.92^{Aa}	0.07 ± 1.96^{Aa}
Star flour + 20% resistant starch	0.05 ± 1.55^{Ab}	0.08 ± 1.69^{Aa}	0.05 ± 1.76^{Aa}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

همانطور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود در روزهای اول، سوم و پنجم پس از تولید، بین میزان ارتفاع نمونه‌های نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ($P>0.05$) اما بین میزان ارتفاع سایر نمونه‌ها با یکدیگر و با نمونه‌های فوق اختلاف معنی دار وجود دارد ($P<0.05$) و نمونه نان شاهد دارای بیشترین میزان ارتفاع در بین نمونه‌های مورد بررسی می‌باشد. Salehi و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی شده با پودر سیب پرداختند. در این پژوهش عنوان شد با افزایش درصد جایگزینی پودر سیب، میزان حجم و ارتفاع در نمونه‌های کیک کاهش یافته است. Sudha و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر پوره سیب بر خصوصیات فیزیکی و حسی کیک دریافتند که حجم نمونه‌ها با افزایش سطوح فیبر بصورت معنی‌داری کاهش یافت که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین میزان سفتی بافت نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید در جدول ۹ نشان داده شده است.

در روزهای اول، سوم و پنجم پس از تولید، بین میزان سفتی بافت تمام نمونه‌های مورد بررسی اختلاف معنی دار مشاهده می‌شود ($P<0.05$) و نمونه نان شاهد دارای بیشترین میزان سفتی بافت و نمونه نان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم دارای کمترین میزان سفتی بافت در بین نمونه‌های مورد بررسی می‌باشند.همچنین همانطور که مشاهده می‌شود در تمامی نمونه‌های مورد بررسی و بین میزان سفتی بافت تمامی روزهای (از روز اول تا پنجم) آزمون اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$) و با افزایش زمان نگهداری میزان سفتی بافت در مورد همه نمونه‌ها افزایش یافته است. هم چنین با افزایش سطح نشاسته مقاوم تا ۱۵ درصد، میزان سفتی بافت کاهش و سپس با افزایش سطح نشاسته مقاوم تا ۲۰ درصد میزان سفتی بافت افزایش یافته است. نشاسته مقاوم بر خلاف سایر فیبرها، تا سطوح مشخصی می‌تواند سبب نرمتر شدن بافت فرآورده گردد که دلیل چنین پدیده‌ای را شاید بتوان قدرت جذب آب بیشتر نشاسته مقاوم در مقایسه با سایر فیبرهای اشاره شده برشمرد (Maghsodloo و همکاران،۲۰۱۶). Ayadi و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر نوعی فیبر رژیمی را بر خصوصیات کیک و جانشین سازی آرد گندم با آن تا سطح ۲۰ درصد را مورد آزمون قرار دادند. آنها مشاهده کردند که سطح ۵ درصد، کمترین میزان سفتی را در میان تیمارها و در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد. اما افزایش سطوح فیبر سبب بالا رفتن میزان سفتی بافت نمونه‌های کیک گردید. Gómez و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر فیبرهای سبوس گندم، سبوس یولاف و سلولز میکروکریستالی را بر کیفیت فیزیکی و حسی کیک‌های لایه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که هنگامی که درصد فیبرها افزایش می‌یابد میزان سفتی بافت کیک‌ها نیز روند افزایشی را بطور معنی‌داری نشان می‌دهد. در نمودار ۲ نتایج مقایسه میانگین میزان شاخص *L پوسته نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید نشان داده شده است.

جدول ۹- نتایج مقایسه میانگین میزان سفتی بافت نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

Table 9- Comparison of results of the average texture hardness of Barbari bread samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production

Sample name	texture hardness (Newton) Day 5	texture hardness (Newton) Day 3	texture hardness (Newton) Day 1
(Control) star flour	0.59 ± 49.96^{Cc}	0.21 ± 33.48^{Cb}	0.60 ± 24.66^{Ca}
Star flour + 5% resistant starch	0.46 ± 38.47^{Bc}	0.45 ± 31.22^{Bb}	0.38 ± 18.91^{Ba}
Star flour + 10% resistant starch	0.58 ± 36.45^{Ac}	0.64 ± 27.86^{Ab}	0.98 ± 17.53^{Aa}
Star flour + 15% resistant starch	0.74 ± 30.12^{Ac}	0.55 ± 23.58^{Ab}	0.67 ± 15.64^{Aa}
Star flour + 20% resistant starch	0.49 ± 38.69^{Bc}	0.61 ± 31.18^{Bb}	0.74 ± 19.31^{Ba}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری(از روز اول تا پنجم) میزان شاخص L* پوسته در مورد همه نمونه‌ها کاهش یافته است و نمونه‌های دارای نشاسته مقاوم میزان شاخص L* پوسته بیشتری در تمامی روزهای آزمون دارند. در نمودار ۳ نتایج مقایسه میانگین میزان شاخص a* پوسته نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید نشان داده شده است.

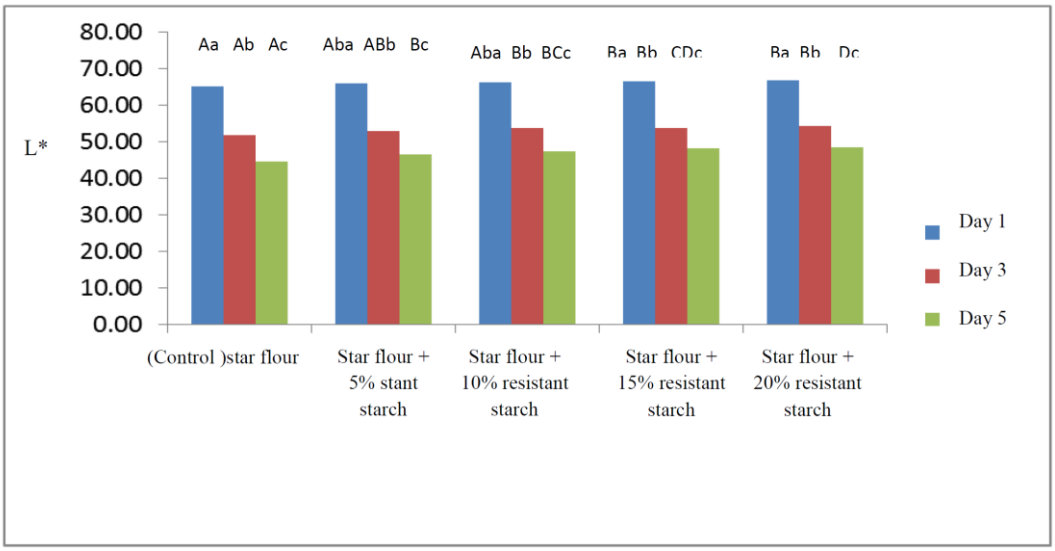

Figure 2. Comparison of results of the average L * index of Barbari bread crust samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production

نمودار ۲- نتایج مقایسه میانگین میزان شاخص L* پوسته نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) می‌باشند.

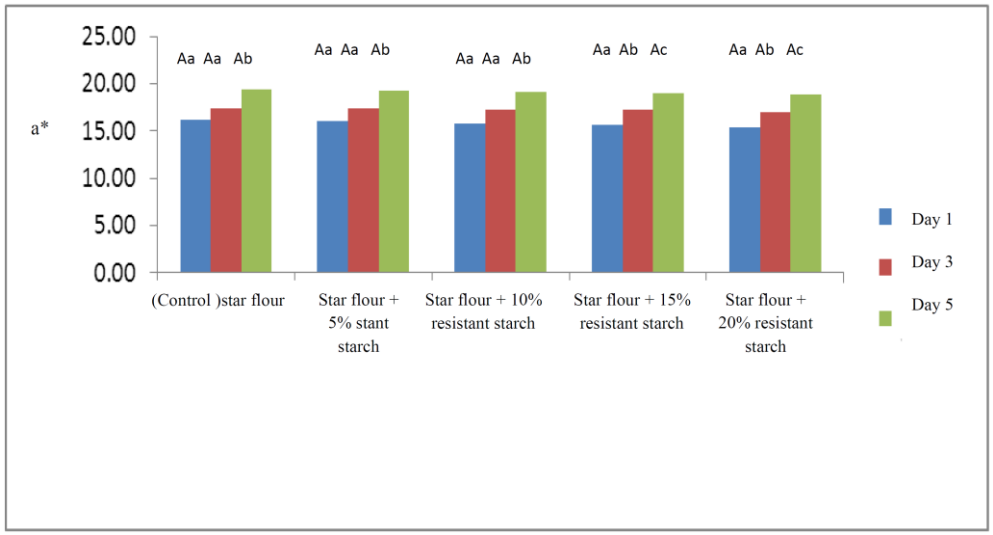

Figure 3. Comparison of results of the average a * index of Barbari bread crust samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production.

نمودار ۳- نتایج مقایسه میانگین میزان شاخص a* پوسته نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) می‌باشند.

Food Technology & Nutrition / Spring 2022 / Vol. 19 / No. 2

علوم غذایی و تغذیه / بهار ۱۴۰۱ / سال نوزدهم / شماره ۲

www.SID.ir

Archive of SID

همانطور که در نمودار ۳مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری (از روز اول تا پنجم) میزان شاخص a* پوسته در مورد همه نمونه‌ها افزایش یافته است و نمونه‌های دارای نشاسته مقاوم میزان شاخص a* پوسته کمتری در تمامی روزهای آزمون دارند. در نمودار ۴ نتایج مقایسه میانگین میزان شاخص b* پوسته نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید نشان داده شده است.

همانطور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری(از روز اول تا پنجم) میزان شاخص b* پوسته در مورد همه نمونه‌ها کاهش یافته است و نمونه‌های دارای نشاسته مقاوم میزان شاخص b* پوسته کمتری در تمامی روزهای آزمون دارند. نتایج مقایسه میانگین امتیازات ارزیابی حسی نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

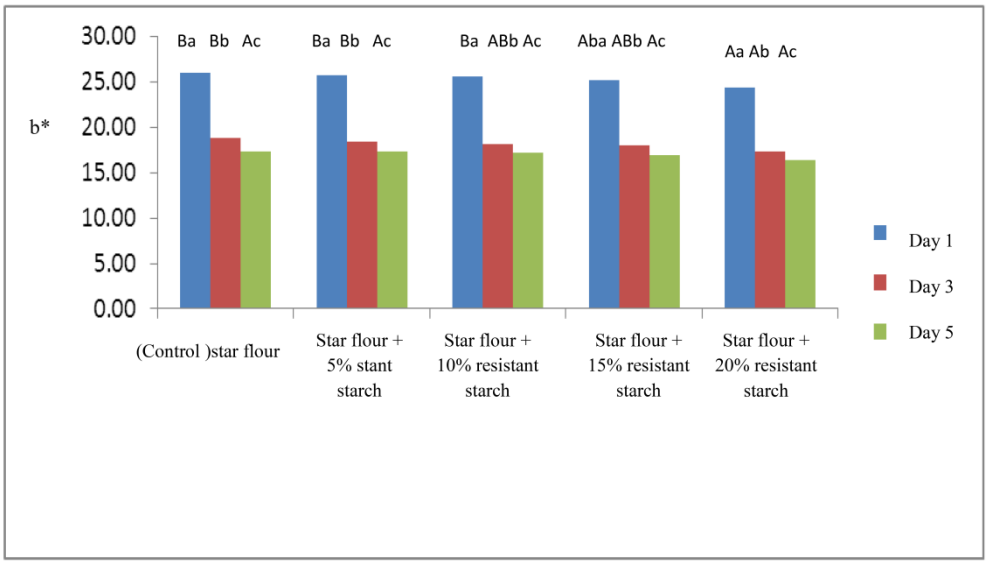

Figure 4. Comparison of results of the average b * index of Barbari bread crust samples produced containing different levels of resistant starch on days 1, 3 and 5 after production

نمودار ٤- نتایج مقایسه میانگین میزان شاخص b* پوسته نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم در روزهای ۱، ۳ و ۵ پس از تولید

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

حروف کوچک غیریکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

جدول ۱۰- نتایج مقایسه میانگین امتیازات ارزیابی حسی نمونه‌های نان بربری تولید شده حاوی سطوح مختلف نشاسته مقاوم

Table 10- Results of comparing the means of sensory evaluation scores of Barbari bread samples produced containing different levels of resistant starch

Sample name	Overall acceptance	Fresh bread	Taste and odor	Texture	Color	Appearance features
(Control) star flour	0.49 ± 4.66^{B}	0.45 ± 4.25^{B}	0.51 ± 3.58^{A}	0.49 ± 4.66^{B}	0.52 ± 3.50^{A}	0.45 ± 4.75^{B}
Star flour + 5% resistant starch	0.51 ± 4.41^{B}	0.38 ± 4.16^{B}	0.45 ± 3.75^{A}	0.49 ± 4.33^{B}	0.65 ± 3.33^{A}	0.49 ± 4.33^{B}
Star flour + 10% resistant starch	0.62 ± 3.75^{A}	0.51 ± 3.58^{A}	0.77 ± 3.33^{A}	0.51 ± 3.58^{A}	0.66 ± 3.08^{A}	0.75 ± 3.75^{A}
Star flour + 15% resistant starch	0.49 ± 3.66^{A}	0.66 ± 3.58^{A}	0.51 ± 3.41^{A}	0.52 ± 3.50^{A}	0.51 ± 3.41^{A}	0.51 ± 3.58^{A}
Star flour + 20% resistant starch	0.51 ± 3.58^{A}	0.75 ± 3.25^{A}	0.49 ± 3.66^{A}	0.49 ± 3.33^{A}	0.49 ± 3.33^{A}	0.52 ± 3.50^{A}

نتایج به صورت انحراف معیار±میانگین گزارش شده است.

حروف بزرگ غیریکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

همانطور که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود بین امتیاز ویژگی‌های ظاهری نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره +۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (P>0.05). همچنین بین امتیاز ویژگی‌های ظاهری نان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم، نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>0.05). همانطور که مشاهده می‌شود بین امتیاز رنگ و امتیاز طعم و بو تمام نمونه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌شود (P>0.05). بین امتیاز بافت نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (P>0.05). همچنین بین امتیاز بافتنان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم، نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>0.05). بین امتیاز تازگی نان نمونه نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود (P>0.05). همچنین بین امتیاز تازگی نان نمونه نان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم، نان حاوی آرد ستاره+۱۵٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم نیز اختلاف معنی داری وجود ندارد (P>0.05). بین امتیاز پذیرش کلی نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود (P>0.05). همچنین بین امتیاز پذیرش کلی نمونه نان حاوی آرد ستاره+۱۰٪ نشاسته مقاوم، نان حاوی آرد ستاره +۱۵٪ نشاسته مقاوم و نان حاوی آرد ستاره+۲۰٪ نشاسته مقاوم نیز اختلاف معنی داری وجود ندارد (P>0.05). بنابراین با توجه به نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های نان شاهد و نانحاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم دارای بالاترین امتیاز از نظر ویژگی‌های ظاهری، بافت، تازگی نان و پذیرش کلی بوده اند. اثر نرم کنندگی نشاسته مقاوم و متعاقباً به تأخیر انداختن بیاتی می‌تواند مرتبط با ظرفیت بالای حفظ آب و احتمالاً قدرت بازدارنگی رتروگراداسیون آمیلوپکتین باشد. در نتیجه نمونه‌های دارای نشاسته مقاوم دارای مقبولیت بیشتری از نظر مصرف کنندگان به دلیل نرمی بافت و بیاتی کمتر می‌باشند (Skendi *et al.*, 2010). Mohebbi و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی اثر بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم بر ویژگی‌های کیفی و حسی نان تست حاصل پرداختند. نتایج نشان داد نان های حاصل از نظر ویژگی های شکل، پوسته، رنگ و بافت مغز، طعم، بو و قابلیت جویده شدن، همسطح و یا اندکی بهتر از نمونه کنترل ارزیابی شدند. Sudha و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر پوره سیب بر خصوصیات فیزیکی و حسی کیک دریافتند که امتیاز رنگ، بافت، کیفیت خوردن و پذیرش کلی نمونه‌ها با افزایش درصد جایگزینی کاهش یافت (Sudha *et al.*, 2007). Ayadi و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر نوعی فیبر رژیمی را بر خصوصیات کیک و جانشین سازی آرد گندم با آن تا سطح ۲۰ درصد را مورد آزمون قرار دادند. آنها مشاهده کردند که با افزایش درصد جایگزینی امتیاز رنگ، بافت، طعم، مزه و پذیرش کلی کاهش یافت و نمونه دارای ۵ درصد فیبر رژیمی توانست بالاترین امتیاز مشابه شاهد را کسب نماید.

بحث

گنجاندن فیبر در رژیم غذایی انسان فراهم کننده مزایایی برای سلامتی می‌باشد. مطالعات بسیاری نشان می‌دهد که در افراد با رژیم غذایی سرشار از فیبر، احتمال خطرات بیماری‌های خاص مانند سرطان، بیماری کرونر قلب، چاقی کاهش می‌یابد (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010). از آنجا که نان بربری جزء پرمصرف ترین نان‌ها در کشور است، بررسی وضعیت نگهداری یا به عبارت دیگر، ماندگاری این نوع نان و عوامل دخیل در این ارتباط حائز اهمیت است. نشاسته خوراکی به عنوان منبع مهمی از انرژی برای بسیاری از افراد جامعه می‌باشد و همچنین معلوم شده است که آنها به عنوان بخش کاملاً مهمی برای سلامتی می‌باشند. به غیر از مزایای بالقوه نشاسته مقاوم بر سلامتی، مزایای مثبت دیگر آن تأثیر کم آن بر خواص حسی در مقایسه با منابع سنتی فیبر، مانند غلات کامل، میوه‌ها یا سبوس می‌باشد. در میان خواص فیزیکوشیمیایی آن ظرفیت تورم، ویسکوزیته، تشکیل ژل و ظرفیت اتصال آب، آن را در دسته انواع مواد غذایی مفید قرار داده است (Niba, 2002). در این پژوهش به بررسی تأثیر نشاسته مقاوم بر خصوصیات کیفی بربری (فرپز) پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد در ویژگی‌های فارینوگرافی خمیرهای تولیدی، با افزایش سطح نشاسته مقاوم، میزان جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان مقاومت خمیر و عدد

www.SID.ir

Archive of SID

کیفی فارینوگراف (ارزش والوریمتری) افزایش یافته و درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش می‌یابد. اضافه کردن فیبرهای غذایی بر هم کنش‌های میان اجزای خمیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار نشاسته مقاوم، سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود و به همین دلیل جذب آب افزایش می‌یابد (Cavallero *et al.*, 2002; Md Zaidul *et al.*, 2004). علت افزایش زمان گسترش خمیر در تحقیق حاضر، حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار نشاسته مقاوم بوده که سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود. در واقع پیوندهای هیدروژنی بین گلوتن و نشاسته مقاوم تشکیل می‌گردد (Movahhed و همکاران، ۲۰۱۳). از سویی بین نشاسته مقاوم با گلوتن می‌تواند رقابت بر سر جذب آب صورت پذیرد که این مسئله احتمالاً بر ساختار خمیر و زمان گسترش خمیر تأثیرگذار است (Skendi *et al.*, 2009). نشاسته مقاوم در سطوح مختلف، موجب افزایش معنی دار زمان مقاومت خمیر نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت این نتیجه وجود اتصالات هیدروژنی و پیوندهای هیدروکسیل بین پروتئین گلوتن که اجزای آن گلوتنین و گلیادین می‌باشد، با نشاسته مقاوم است که سبب افزایش پایداری و استحکام خمیرهای تولیدی شدند (Meyer and Peters, 2009). عدد فارینوگراف در آردهای ضعیف پایین و در آردهای قوی، بالامی باشد (Ghamari و همکاران، ۲۰۰۹). مصرف نشاسته مقاوم سبب افزایش استحکام و پایداری خمیرهای حاصل در مقایسه با خمیر شاهد گردید لذا عدد کیفیت افزایش یافت (Iranshahi*et al.*, 2014). در ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیرهای تولیدی با افزایش سطح نشاسته مقاوم، میزان انرژی افزایش، میزان مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه افزایش، کشش پذیری کاهش و عدد نسبت افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش زمان تخمیر از ۴۵ دقیقه به ۱۳۵ دقیقه، میزان انرژی افزایش، میزان مقاومت به کشش افزایش، میزان کشش پذیری کاهش و عدد نسبت نیز افزایش یافته است. ویژگی مساحت یا انرژی، همان سطح زیر منحنی است که نشان دهنده کل انرژی مصرفی به منظور کشیدن خمیرمی باشد. با افزایش سطح نشاسته مقاوم میزان انرژی افزایش می‌یابد که علت نتیجه حاصل شده را می‌توان به ایجاد پیوندهای هیدروکسیل با اتصالات هیدروژنی بین گلوتن با پری بیوتیکهای نشاسته مقاوم نسبت داد که سبب افزایش انرژی خمیر یا سطح زیر منحنی اکستنسوگرام در مقایسه با نمونه شاهد شدند (Movahhed و همکاران، ۲۰۱۳). ارتباط معکوسی بین محتوای رطوبت و سرعت بیاتی در نان وجود دارد و چون محتوای رطوبتی نان‌های دارای نشاسته مقاوم بیشتر است، بنابراین سرعت بیاتی و میزان آنتالپی در آن‌ها کمتر می‌باشد(Gray and Bemiller, 2003). در طی پخت، نشاسته موجود در محصولات پخت ژلاتینه می‌شود و ساختار آمورف ایجاد می‌کند. در طی نگهداری محصول، ساختار بلوری نشاسته کم کم و در مقیاس محدود برگشت پیدا می‌کند که به این فرآیند واگشتگی (رتروگراداسیون) نشاسته گفته می‌شود. در این فرآیند پیچیده زنجیره‌های آمیلوز که در اثر ژلاتینه شدن، محلول شده اند، در اثر سرد کردن و ماندن تجمع میابند و یک ساختار بلوری سه بعدی را تشکیل می‌دهند. فرآیند واگشتگی آمیلوز کوتاه است، اما واگشتگی آمیلوپکتین به زمان طولانی تر(چند روز تا چند هفته) نیاز دارد. این فرآیند از آن جا که موجب تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و حسی محصول می‌شود از نظر تکنولوژیکی محصولات پخت به ویژه بیاتی حائز اهمیت است. در تحقیقات صورت گرفته، میزان آنتالپی در آزمون DSC معادل میزان نشاسته واگشته در نظر گرفته شده و آن را مقدار انرژی لازم برای ذوب بلورهای نشاسته واگشته دانسته‌اند (Salehifar و همکاران، ۲۰۰۹).سفتی نان به طور گسترده به عنوان ابزاری برای ارزیابی بیاتی نان استفاده می‌شود، اگرچه بیاتی یک پدیده پیچیده است که نمی تواند توسط یک عامل شرح داده شود. اثر نرم کنندگی نشاسته مقاوم و متعاقباً به تأخیر انداختن بیاتی می‌تواند مرتبط با ظرفیت بالای حفظ آب و احتمالاً قدرت بازدارنگی رتروگراداسیون آمیلوپکتین باشد (Skendi *et al.*, 2010). هرچقدر نان بیات‌تر می‌شود، بافت آن سفت‌تر شده و نیروی بیشتری برای فشردن و یا برش آن نیاز است (Gujral and Pathak, 2002). بر طبق نظر Guarda و همکاران (۲۰۰۴)، نان‌های حاوی هیدروکلوئیدها افت رطوبت کمتری داشته و بنابراین سرعت دهیدراته شدن پوسته در طول زمان نگهداری در آن‌ها کمتر است . رنگ پوسته تحت تأثیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلاردی قرار می‌گیرد. از

www.SID.ir

Archive of SID

آنجا که فیبرها، به دلیل ماهیت شیمیایی آن، نمی توانند میزان قندها و آمینواسیدها را تحت تأثیر قرار دهد (اگرچه آرد به نسبت کمتری در فرمولاسیون استفاده می‌شود) بنابراین عدم تأثیر معنی دار فیبرها بر رنگ نمونه‌های نان را با چنین استدلالی می‌توان توجیه نمود (Msghsodloo و همکاران، ۲۰۱۶). اثر نرم کنندگی نشاسته مقاوم و متعاقباً به تأخیر انداختن بیاتی می‌تواند مرتبط با ظرفیت بالای حفظ آب و احتمالاً قدرت بازدارنگی رتروگراداسیون آمیلوپکتین باشد (Skendi *et al.*, 2010). در بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان‌های تولیدی مشخص گردید با افزایش سطح نشاسته مقاوم میزان رطوبت افزایش، دانسیته ظاهری افزایش، آنتالپی کاهش، محتوی فیبرخام افزایش، ارتفاع کاهش، سفتی بافت تا سطح ۱۵ درصد نشاسته مقاوم کاهش، شاخص L* پوسته و بافت افزایش، شاخص a* و b* پوسته و بافت کاهش یافته است. معنی این نتایج بهبود رنگ، بافت، خواص و تاخیر در بیاتی نان در طول دوره نگهداری ۵ روزه با افزایش مشخص میزان نشاسته مقاوم در فرمولاسیون است. در نهایت بررسی نتایج ارزیابی حسی نشان داد نمونه‌های نان شاهد و نان حاوی آرد ستاره+۵٪ نشاسته مقاوم دارای بالاترین امتیاز از نظر ویژگی‌های ظاهری، بافت، تازگی نان و پذیرش کلی بوده اند.

نتیجه‌گیری

باتوجه به اینکه افزودن نشاسته مقاوم به محصولات منجر به ایجاد فواید سلامتی فراوان و خصوصیات عملکردی بی نظیر می‌گردد، استفاده از ۵٪ نشاسته مقاوم در نان بربری توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از مرکز نان سحر ، پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و آزمایشگاه آرد اتحاد.

منابع

AACC (1983). Total reducing substances. In: Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, AACC 10-01.

AACC (1983). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, AACC 24-15.

AACC (1983). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, AACC 24-15.

AACC (1990) Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, AACC 38-12.

Abdel-Aal, E. S., Hucl, P., Chibbar, R. N., Han, H. L. & Demeke, T. (2002). Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. Cereal chemistry, 79(3), 458-464.

Altuna, L., Ribotta, P. D. & Tadini, C. C. (2016). Effect of a combination of enzymes on the fundamental rheological behavior of bread dough enriched with resistant starch. LWT-Food Science and Technology, 73, 267-273.

Anon. (2007). National Standard of Iran. No. 4175. Wheat, rye and their flour, durum wheat and durum wheat semolina - determination of falling number. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2002). National Standard of Iran. No. 103. Wheat Flour - Features and Test Methods. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2003) National Standard of Iran. No. 5809. Cereals and its products - Barbary bread - Production procedure. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2008). National Standard of Iran. No. 3681. Wheat flour - Determination of sedimentation rate (Zelni test). Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2009). National Standard of Iran. No. 3105. Food and Agricultural Products - Measuring the amount of crude fiber - General method. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2010). National Standard of Iran. No. 2705. Cereals and its products - Moisture measurement method - Reference method. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2014). National Standard of Iran. No. 1-3246. Wheat Flour Physical Properties of Dough - Part 1: Determination of Water Absorption and Rheological Properties Using a Farinograph. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

www.SID.ir

Archive of SID

Anony. (2014). National Standard of Iran. No. 19052. Cereals - Measuring the amount of nitrogen and calculating the amount of crude protein - Kajeldal method. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2014). National Standard of Iran. No. 2-3246. 1 Wheat flour Physical properties of dough - Part 2: Determining the rheological properties of dough using an extensograph. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Anon. (2015). National Standard of Iran. No. 37. Biscuits - Features and Test Methods. Iran Institute of Standards and Industrial Research. [In Persian]

Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. & Attia, H., (2009). Cladodes from Opuntia ficus indica as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. Industrial Crops and Products, 30(1), 40-47.

Cavallero, A., Empilli, S., Brighenti, F. & Stanca, A. M. (2002). High (1→ 3, 1→ 4)-β-glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. Journal of Cereal Science, 36(1), 59-66.

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sánchez-Zapata, E. & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. Food Research International, 43(4), 931-942.

Gelencsér, T., Gál, V. & Salgó, A. (2007). Investigations of resistant starch enriched bread products. In Proceedings of 4th International Congress' Flour-Bread 07'and 6th Croatian Congress of Cereal Technologists, Opatija, 24-27 October 2007 (pp. 444-450). Faculty of Food Technology, University of Josip Juraj Strossmayer.

Ghamari, M., Prophet's, H. & Rashma Karim, K. (2009). Application of Farinograph quality number in evaluating the quality of wheat bakery. Journal of Food Science and Technology, 6 (2), 33-23. [In Persian]

Ghazanfarzadeh, Z. & Kadivar, M. (2014). Application of resistant starch on the properties of gluten-free dough and bread. The first national conference on snacks. [In Persian]

Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E. & Caballero, P. A. (2010). Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. LWT-Food Science and Technology, 43(1), 33-38.

Gray, J. A. & Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2(1), 1-21.

Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. & Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids, 18(2), 241-247.

Gujral, H. S. & Pathak, A. (2002). Effect of composite flours and additives on the texture of chapati. Journal of Food Engineering, 55(2), 173-179.

Gularte, M. A., de la Hera, E., Gómez, M. & Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. LWT-Food Science and Technology, 48(2), 209-214.

Iranshahi, M., Mahdi, S., Ardebili, S. & Yasini, S. (2014). Effect of inulin and β-glucan on the physicochemical, rheological, and sensory properties barbari bread. Journal of Engineering Res and Application, 4(6), 90-97.

Lin, M. H. A., Shyr, C. R. & Lin, J. (2012). Bread containing type 3 resistant starch reduced glycemic index and glycemic response in healthy young adults. Current Topics in Nutraceuticals Research, 10(3/4), 143.

Lothrop, R. S. (2012). Physicochemical and sensory quality of chiffon cake prepared with rebaudioside and erythritol as replacement for sucrose (Doctoral dissertation, Colorado State University).

Maghsoudloo, Y., Ahmadi, A., Azizi, M. H. & Alami, M. (2016). The effect of resistant starch fibers on the qualitative and sensory characteristics of sponge cakes. Journal of Food Industry Research, 26 (2), 174-161. [In Persian]

Majzoobi M., Bustani S. & Farahnaki, A. (2012). Improving the quality of box cakes using instant wheat starch. Journal of Food Industry Research, 22, 431-421. [In Persian]

Majzoobi M., Farahnaki, A., Estavan, R. & Radi, M. (2011a). The effect of increasing wheat bran and starch with transverse joints on the characteristics of Barbari dough and bread (Iranian flat). Journal of Food Science and Technology, 21, 268-257. [In Persian]

Majzoobi, M., Farahnaki, A., Estavan, R. & Varadi, M. (2011b). The effect of increasing wheat bran and starch with transverse joints on the characteristics of Barbari dough and bread (Iranian flat). Journal of Food Science and Technology, 8 (29), 79-69. [In Persian]

Majzoobi, M., Ghavi, F.S., Farahnaky, A., Jamalian, J. & Mesbahi, G. (2011c). Effect of tomato pomace powder on the

www.SID.ir

Archive of SID

physicochemical properties of flat bread (Barbari bread). Journal of Food Processing and Preservation, 35(2), 247-256.

Majzoobi, M., Habibi, M., Hedayati, S., Ghiasi, F. & Farahnaky, A. (2015). Effects of commercial oat fiber on characteristics of batter and sponge cake. Journal of Agricultural Science and Technology, 17(1), 99-107.

Majzoobi, M., Layegh, B. & Farahnaki, A. (2011d). Effect of pectin and pectin with crosslinks on the properties of dough and bread. Journal of Food Industry Research, 21, 207-196. [In Persian]

Majzoobi, M., Mesbahi, G., Seriri, F., Farahnaki, A. & Jamalian, J. (2010). The effect of sugar beet pulp on Barbary bread quality. Iranian Journal of Food Science and Industry Research, 6 (1), 17-26. [In Persian]

Majzoobi, M., Mortazavi, S. H., Asadi Yousefabad, S. & Farahnaki, A. (2013 a). Effects of oak flour on the characteristics of Barbari dough and bread. Journal of Food Industry Research, 23 (2), 280-272. [In Persian]

Majzoobi, M., Roshan, F., Kadivar, M., Farahnaki, A. & Saberi, B. (2013 b). Effect of Adding Modified Wheat Starch by Moisture Thermal Process on Dough and Bread-Bulk Properties. Journal of Food Industry Research, 23 (2), 164-156. [In Persian]

Matsakidou, A., Blekas, G. & Paraskevopoulou, A. (2010). Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. LWT-Food Science and Technology, 43(6), 949-957.

Md Zaidul, I. S., Abd Karim, A., Manan, D. M. A., Ariffin, A., Nik Norulaini, N. A. & Mohd Omar, A. K. (2004). A farinograph study on the viscoelastic properties of sago/wheat flour dough systems. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(7), 616-622.

Meyer, D. & Peters, B. (2009). Bakery-Enhancing the nutritional value of bread with inulin. Agro Food Industry Hi-Tech, 20(3), 48.

Moradi, P., Goli, M. & Dignity, C. (2018). Investigation of physicochemical and sensory properties of sponge cake enriched with apple fiber. Journal of Food Science and Technology, 15 (75), 206-193. [In Persian]

Movahed, S., Jorfi, S. & Ahmadi Chenarban, H. (2013). Investigation of rheological and organoleptic properties of toast containing banana flour. Iranian Journal of Food Science and Technology Research, 9 (4), 365-359. [In Persian]

Najafi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Rajabzadeh, N. & Mortazavi, A. (2008). Investigating the possibility of using a mixture of rye flour and wheat in the production of Barbary bread, Food Science and Technology, 5 (1), 27-21. [In Persian]

Niba, L.L. (2002). Resistant starch: a potential functional food ingredient. Nutrition & Food Science, 32(2), 62-67.

Salehi, F., Kashani Nejad, M. & Alipour, N. (132016). Investigation of physicochemical, sensory and textural properties of sponge cake enriched with apple powder. New food technologies. 3 (11), 49-37. [In Persian]

Salehifar, M. & Seyedin Ardabili, M. (2009) The process of gelatinization and staleness in Lavash and Taftoon breads. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry, 4 (2), 24-13. [In Persian]

Shi, Y. C. & Maningat, C. C. (2013). Resistant starch: Sources, applications and health benefits. John Wiley & Sons.

Skendi, A., Biliaderis, C., Papageorgiou, M. & Izydorczyk, M. (2010). Effects of two barley β-glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. Food Chemistry, 119(3), 1159-1167.

Skendi, A., Papageorgiou, M. & Biliaderis, C. G. (2009). Effect of barley β-glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. Journal of Food Engineering, 91(4), 594-601.

Sudha, M. L., Baskaran, V. & Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. Food Chemistry, 104(2), 686-692.

Wang, J., Rosell, C. M. & de Barber, C. B. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. Food chemistry, 79(2), 221-226.

Yqbany, M. (2011). Comparison of the effect of wheat and barley malt flour without shell on the quality characteristics of Barbary bread. Journal of Agricultural Engineering Research, 12 (2), 50-41. [In Persian]

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Resistant Starch on the Quality Characteristics of Barbari Bread (Cooked in Oven)

A. Lotfi [a], Ch. Esfandiari [b*], M. Seyedin Ardabili [c]

[a] MSc of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Member of Cereal Research Center of the Ministry of Agriculture, Tehran, Iran.

[c] Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 1August 2021 Accepted: 12 October 2021

Abstract

Introduction: Bread is one of the most important food products in many countries. today Food manufacturers, produce more fiber-rich foods that can prevent some diseases. In this study, the Effect of resistant starch on qualitative properties of Barbari was investigated and evaluated.

Materials and Methods: In this research, starch resistant to amount of Resistant starch at the concentrations of 0, 5, 10, 15 and 20% were added to the formula of Barbari bread and some chemical and rheological analysis carried out.

Results: The results of this study showed that in the characteristics of Farinography of the produced dough, with increasing level of resistant starch, water absorption, expansion time of dough, dough resistance time and qualitative number of farinograph (Valorimetric value) increased and the degree of loosening of the dough decreased after 10 and 20 minutes. In the Extensographic properties of the dough, with increasing the concentrations of resistant starch, the amount of energy, the strength of the stretch strength after 5 minutes and the ratio increased, and the pullability decreased. The study of physicochemical characteristics of bread showed that by increasing the concentrations of resistant starch, moisture content, apparent density, fiber, L * index in crust and crumb of bread increased, and enthalpy, height, texture firmness to 15% resistant starch, a * and b * indices in crust and crumb of bread decreased.

Conclusion: Sensory evaluation of the research work indicated that samples of control and bread containing flour with added 5% resistant starch had the highest score in terms of appearance, texture, novelty and overall bread acceptance.

***Keywords*:** Barberry Bread, Extensograph, Farinograph, Physicochemical Properties, Resistant Starch, Sensory Evaluation.

* Corresponding Author: changiz.esfandyari@gmail.com

www.SID.ir