

اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر کیفیت خمیر سنگ منجمد و نان حاصل از آن

سعیده فلاح جوشقانی¹، ناصر همدی²

1- نویسنده مسئول: دانشجو دکترای علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، پست الکترونیکی: saidehfallah@yahoo.com

2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: 93/7/25

تاریخ پذیرش: 93/10/20

چکیده

سابقه و هدف: نان تازه دارای زمان ماندگاری کوتاهی است و مقبولیت آن نزد مصرف کننده با افزایش فاصله زمانی بین پخت تا مصرف به نحو چشمگیری کاهش می یابد. یکی از راه های مقابله با مشکل مذکور استفاده از تکنولوژی خمیر منجمد می باشد. از این رو در این تحقیق اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر کیفیت خمیر و نان سنگک حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها: نمونه های خمیر سنگک (با 100 V/W آب) برای 10 یا 40 دقیقه تخمیر شده و پس از پیش سرد شدن (کاهش دمای خمیر تا 4°C و یا با یک ساعت نگهداری در 4°C) و یا بدون پیش سرد شدن در دمای 25°C- در فریزر جریان هوای سرد منجمد شدند. پس از 24 ساعت نگهداری در فریزر 18°C-، بررسی کیفی خمیر سنگک پس از رفع انجماد و نان حاصل از آن در قالب اندازه گیری درصد مخمر زنده مانده و توان تولید گاز پس از یخ زدایی و اندازه گیری دانسیته و سفتی بافت و تغییرات رنگ پس از پخت ارزیابی گردید.

یافته ها: سرد کردن خمیر پیش از انجماد اثرات مثبتی بر زنده ماندن مخمر و حجم خمیر داشته و ویژگی های کیفی نان حاصل شامل دانسیته، بافت و رنگ بهبود یافته است ($p < 0/05$). همچنین 40 دقیقه پیش تخمیر به طور معنی داری باعث بهبود حجم گاز تولید شده در خمیر شده اما روی کیفیت نان تأثیر معنی داری نداشته است ($p < 0/05$).

نتیجه گیری: استفاده از تیمار پیش سرد کردن باعث بهبود کیفیت خمیر منجمد و نان حاصل از آن می شود.

واژگان کلیدی: خمیر منجمد، پیش سرد کردن، پیش تخمیر، نان سنگک

• مقدمه

نان تازه دارای زمان ماندگاری کوتاهی است و کیفیت آن تا حد زیادی به فاصله بین پخت و مصرف وابسته است. پدیده بیاتی که کاهش مقبولیت نان را موجب می شود، خسارات فراوانی به تولیدکنندگان و مصرف کنندگان تحمیل می کند (1). تلاش برای افزایش مدت زمان نگهداری و کاهش ضایعات نان، می تواند آثار محسوسی در کاهش هزینه خانوارها داشته باشد. با این رویکرد، تکنولوژی خمیر منجمد از جمله تمهیداتی است که ممکن است کاهش ضایعات حاصل از بیاتی نان و همچنین دست یابی به نان تازه با حداقل امکانات و تخصص را در پی داشته باشد. نان سنگک به علت عطر و طعم مناسب و ارزش غذایی بالای آن (1)، جذابیت و قابلیت فراوانی برای تبدیل به صورت یکی از نان های صنعتی غالب در کشور را دارا است.

نان تهیه شده از خمیر منجمد به طور روزافزون به یک جایگزین مناسب برای خمیر غیر منجمد تبدیل شده است. در سال های اخیر کیفیت این محصولات به علت پیشرفت هایی که در تکنولوژی و فرمولاسیون حاصل شده، بهبود یافته است (2). خمیر می تواند بلافاصله پس از تهیه یا پس از پیش تخمیر کوتاهی منجمد شود که در هر دو مورد تخمیر نهایی (تولید CO₂ با تخمیر مخمر) قبل از پخت مورد نیاز است (3). درجه تخمیر قبل از انجماد نقش مهمی را در کیفیت خمیر دارا است. در واقع، ساختار تشکیل شده از سلول های بسته در خمیر تخمیر شده در طی سرد کردن و انجماد به دلیل انقباض گاز متلاشی می شود و کاهش حجم می دهد. به علاوه، ویژگی های حرارتی (مخصوصاً انتقال حرارت) خمیر تخمیر شده برای درجه های تخمیر بالا کاهش می یابد (4).

شوک سرمایی ملایم (10°C برای 3 ساعت) قبل از انجماد زنده مانی مخمر را در یک سوسپانسیون سلولی نگهداری شده در 20°C - برای 28 روز افزایش می‌دهد (12). Nakagawa و Ouchi مشاهده نمودند که مقاومت به انجماد مخمر نانوائی تجاری در خمیر به وسیله تیمار حرارتی (55°C) خمیر قبل از انجماد بهبود می‌یابد (13). Takano و همکاران نیز مشاهده کردند که خصوصیات نان حاصل از خمیر منجمد تهیه شده با سویه مقاوم به سرما بسیار بهتر از ویژگی‌های نان حاصل از خمیر منجمد تهیه شده با سویه‌های معمولی مخمر بوده است (14). بنابراین در این پژوهش به بررسی اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر خصوصیات کیفی خمیر منجمد سنگک و نان حاصل از آن پرداخته شده است.

• مواد و روش‌ها

آرد مصرفی از کارخانه بهارستان اصفهان تهیه گردید و در سردخانه 18°C - تا زمان آزمایش نگهداری شد. مخمر (ساکارومایسس سروزیه) خشک فعال مورد نیاز از شرکت رضوی مشهد تهیه شد. محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار نیز از شرکت مرک (هامبورگ، آلمان) تهیه شد.

مقدار رطوبت، مقدار خاکستر، مقدار پروتئین و چربی آرد گندم به ترتیب با استفاده از روش‌های مصوب 44-16 (2002) AACC، 08-01، 46-13 و 25-30 تعیین شدند (15).

آماده‌سازی خمیر منجمد و تهیه نان: خمیر نان سنگک شامل آرد مخصوص نان سنگک، 100 V/W % آب با دمای 30°C ، 1 W/W % نمک و 1 W/W % مخمر بر اساس وزن آرد است. آرد مصرفی چند ساعت قبل از تهیه خمیر در محیط قرار گرفته تا به دمای محیط برسد. برای تهیه خمیر ابتدا آب و نمک را به همزن منتقل نموده و سپس به تدریج آرد و در نهایت مخمر اضافه گردید. مخلوط کردن به مدت 10 الی 15 دقیقه ادامه یافت تا در انتهای زمان مخلوط کردن خمیر یکنواخت سنگک به دست آید. پیش تخمیر برای 10 و 40 دقیقه در یک انکوباتور با دمای 30°C و رطوبت اشباع انجام شد. خمیر تخمیر شده پیش از انجماد در قالب‌هایی دایره‌ای به قطر 10cm با ضخامت 9mm ریخته شد. فرآیند پیش سرد کردن به سه صورت انجام شد: بدون پیش سرد کردن NPC (Non Pre Cold treatment) سرد کردن برای رسیدن به دمای 4°C (45 دقیقه) PC (Pre Cold treatment) و سرد کردن برای یک ساعت ماندن نمونه‌ها در 4°C (105 دقیقه) PC.1 (Pre Cold treatment.1 hour). نمونه‌ها پس از انجماد در فریزر جریان هوای سرد با دمای 25°C - و سرعت

Van Dijk و همکاران بیان کردند که دوره پیش تخمیر، کاهش سریع مقاومت مخمر به انجماد را باعث می‌شود (5).

انجماد هر محصولی به سبب اتفاقاتی که در طی این فرآیند به وقوع می‌پیوندد، محصول را به ویژه اگر دارای رطوبت بالایی باشد، متحمل آسیب می‌کند که خمیر هم از این امر مستثنی نیست. انجماد و طولانی شدن نگهداری به صورت منجمد ممکن است باعث اثرات زیان آور روی خمیر رفع انجماد شده و نان تهیه شده از آن شود، که عوامل متعددی می‌توانند بر آن تأثیر گذاشته باشند. بخشی از این تغییرات ممکن است به تغییرات ساختار خمیر مربوط شود، در حالی که بقیه مربوط به آنچه توسط مخمر تولید می‌شود و یا تغییر در فعالیت و زنده‌مانی مخمر است (6). بنابراین کاهش فعالیت مخمر و آسیب به شبکه گلوآنتی به علت انجماد دو عامل اصلی کاهش کیفیت خمیر منجمد هستند (7).

در تولید خمیر منجمد، با مشکل کاهش زنده‌مانی مخمر و نگهداری گاز روبه‌رو هستیم (8). یک تخمیر سریع و مؤثر باعث تولید نان با کیفیت بالاتر می‌شود، بنابراین حفظ زنده‌مانی و توانایی تولید گاز مخمر طی انجماد و نگهداری به صورت منجمد اهمیت قابل توجهی دارد. سرعت تولید CO_2 به گونه مخمر، تعداد سلول‌های مخمر، فعالیت سلول و مقدار قندهای قابل تخمیر بستگی دارد (9، 10، 3).

سلول‌های مخمر طی انجماد در اثر فاکتورهای فیزیکی مثل تشکیل بلورهای یخ و از دست دادن آب آسیب می‌بینند. طی نگهداری به صورت منجمد، تبلور شدن آب باعث تخریب غشای سلول شده و به فعالیت بسیاری از سیستم‌های سلولی آسیب می‌رساند و یا به وسیله تجمع ترکیبات متابولیک باعث هضم سلول‌ها می‌شود (3). همچنین استرس اکسیداتیو به وسیله انواع اکسیژن انفعالی که طی رفع انجماد تشکیل شده، سلول‌ها را متحمل آسیب‌های بیوشیمیایی می‌کند. مقاومت یا زنده‌مانی مخمرها به استرس‌های اکسیداتیو به مرحله رشدی که در آن هستند بستگی دارد (3).

استفاده از تیمارهای فیزیکی برای ایجاد توانایی تحمل انجماد در مخمر نانوائی معمول است. دما می‌تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر واکنش میکروارگانیسم‌ها اثر بگذارد. با کاهش دما، فاز تأخیر قبل از رشد طولانی می‌شود، از سرعت رشد سلول‌ها کاسته شده و به این ترتیب تعداد نهایی سلول‌ها کاهش می‌یابد. روش استفاده از استرس فیزیکی به طور گسترده‌ای برای غیرفعال سازی سلول‌ها و افزایش پایداری غذا استفاده می‌شود. شوک‌های سرمایی مختلف قبل از انجماد یا سرد کردن می‌تواند باعث تغییر در رشد و زنده‌مانی میکرووب‌ها شود (11). Diniz-Mendes و همکاران گزارش نمودند که یک

حجم و دانسیته نان: دانسیته نان پانزده دقیقه بعد از پخت از طریق اندازه گیری وزن و حجم نان تعیین می شد. حجم نان با استفاده از روش جابه جایی دانه (AACC method 10-05) اندازه گیری شد (15). دو نان برای هر تیمار تهیه شد.

آنالیز رنگ: برای ارزیابی رنگ نمونه ها، ابتدا آنها در محفظه تصویربرداری که مجهز به دو لامپ مهتابی بوده قرار داده شدند. سپس عملیات عکس برداری در 3 تکرار، بدون فلش و بدون بزرگ نمایی انجام گرفت. و در مرحله بعد شاخص a^* ، b^* و L^* تصاویر با نرم افزار فتوشاپ 7.0 تعیین گردید. برای مقایسه رنگ نمونه ها از شاخص تغییر رنگ (ΔE) که با استفاده از روابط زیر محاسبه شد استفاده گردید (16):

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (2)$$

L_0 و a_0 و b_0 مربوط به نمونه شاهد می باشد.

طرح آماری: به منظور بررسی اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر خصوصیات کیفی خمیر منجمد سنگک و نان حاصل از آن آزمایش ها با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 سطح در فاکتور پیش سرد کردن (0، 45 و 105 دقیقه) و 2 سطح در فاکتور پیش تخمیر (10 و 40 دقیقه) پیش تخمیر) در 3 تکرار انجام شد. جهت تجزیه آماری داده های به دست آمده از مدل های خطی عمومی (GLM) با استفاده از نرم افزار SAS 9.0 استفاده شد. مقایسه میانگین های مربوط به هر صفت به وسیله آزمون LSD و برای اثر متقابل مدت زمان نگهداری، پیش سرد کردن و پیش تخمیر آزمون LSmeans در سطح معنی دار 5 درصد انجام شد. برای رسم نمودارهای مربوطه از نرم افزار اکسل استفاده شده است.

• یافته ها

تجزیه شیمیایی آرد: نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آرد سنگک مورد استفاده در جدول 1 گزارش شده است. ویژگی های آرد استفاده شده مطابق با ویژگی های آرد سنگک در استاندارد ایران است.

جدول 1. آنالیز شیمیایی آرد (درصد)

رطوبت	چربی	کربوهیدرات*	پروتئین	خاکستر
13.2	2.02	70.07	13.7	1.01

اعداد، میانگین $\pm$ انحراف معیار (سه تکرار) می باشند.

*کربوهیدرات برابر با 100 - (رطوبت + چربی + پروتئین + خاکستر)

جریان هوای 2 m/s، از فریزر خارج شده، در بسته های پلی اتیلنی قرار گرفته و به مدت 24 ساعت در فریزر معمولی در دمای 18°C - نگهداری شدند.

پس از گذشت 24 ساعت، خمیر منجمد از فریزر خارج شده و به درون قوطی کنسرو یک کیلویی منتقل و جهت انجام یخ زدایی در محفظه تخمیر با رطوبت اشباع و دمای 30°C قرار گرفت. مرحله تخمیر بسته به درجه تخمیر پیش از انجماد، به مدت 110 یا 80 دقیقه انجام شد. خمیر پس از گذراندن مرحله تخمیر به قالب های مخصوص دایره ای به قطر 10 cm و با ضخامت 2/5 mm منتقل شد و در نهایت جهت پخت به مدت 7 دقیقه در آون با دمای 250°C قرار گرفت.

میزان زنده مانده مخمر: برای این منظور 11 g گرم خمیر تحت شرایط استریل توزین و با 99 cc سرم فیزیولوژیک 0/85 درصد استریل مخلوط و همگن شد. پس از مرحله رقیق سازی و تهیه رقت مناسب تحت شرایط استریل، 0/5 cc از سوسپانسیون حاصله به روش سطحی بر روی پلیت حاوی 15 cc محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار اسیدی شده با تارتاریک اسید 10% کشت گردید. پلیت ها در دمای 27°C به مدت 48 ساعت انکوبه شده و سپس شمارش شد.

توان تولید گاز: جهت اندازه گیری میزان گاز تولید شده توسط مخمر با استفاده از روش تأیید شده انجمن شیمی دانان غلات آمریکا (AACC) روش 89-01، 20 g خمیر منجمد سنگک در محفظه نگهداری قرار داده شد (15). سپس در محفظه بسته شده و خروجی آن توسط یک لوله رابط به دستگاه مانومتر دیجیتال وصل گردید و در نهایت مجموعه مذکور در درون حمام آب با دمای 30°C به مدت 120 دقیقه قرار گرفت. با در اختیار داشتن فشار گاز تولیدی، دمای حمام و حجم ظرف، حجم گاز تولیدی در فشار بارومتریک استاندارد محاسبه و ثبت گردید.

سنجش بافت نان: به منظور اندازه گیری سفتی بافت نان از تست سوراخ کردن یا پانکچر استفاده گردید. در این تست از پروب استوانه ای مسطح به قطر 12/7 mm استفاده شد. اندازه گیری در دستگاه سنجش بافت (TX. A, STM-20)، با سرعت فک بالایی 100 mm/min و فک پایین ثابت و لودسل (Load cell) 50 کیلوگرمی و با روش فشاری انجام گرفت. تنش برشی (S) از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$S = \frac{F}{\pi dt} \quad (1)$$

که F نیروی بیشینه، d قطر پروب و t ضخامت نمونه می باشد. ضخامت نقاط مربوطه قبل از انجام تست پانکچر توسط کولیس ورنیه اندازه گیری می شد.

می‌دهد که 40 دقیقه تخمیر پیش از انجماد باعث بهبود توان تولید گاز خمیر منجمد شده است. هماهنگی بین نتایج حاصل از اندازه‌گیری حجم گاز تولیدی با داده‌های درصد زنده‌مانی مخمر به خوبی می‌تواند وابستگی آن را به میزان زنده‌مانی و فعالیت سلول‌های مخمر نشان دهد.

جدول 2. مقایسه میانگین اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر درصد زنده‌مانی مخمر و حجم گاز تولیدی طی تخمیر نهایی در خمیر سنگک منجمد

تیمار	مخمر زنده مانده (درصد)	حجم گاز (میلی لیتر)
NPC	^b 78/016	^b 62/423
PC	^a 87/382	^a 67/358
PC.1	^{ab} 84/148	^{ab} 64/808
F.10	^a 80/922	^b 62/779
F.40	^a 85/443	^a 66/946

در هر عامل و برای هر صفت، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 با آزمون LSD می‌باشد.

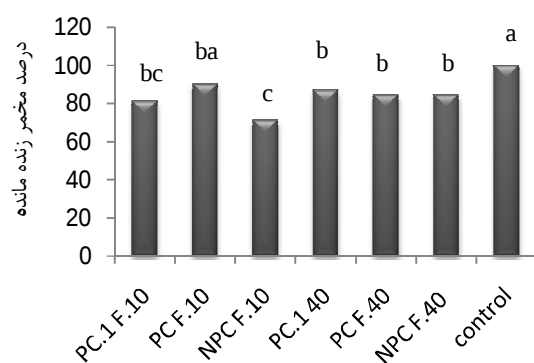
NPC (بدون پیش سرد کردن)، PC (پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)، PC.1 (پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)، F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر)، F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر).

زنده‌مانی مخمر: شکل 1-a و جدول 2، نتایج آزمایشات کشت مخمر بر اساس درصد مخمر زنده مانده پس از انجماد در نمونه‌های خمیر منجمد سنگک را نشان می‌دهند. همانگونه که مشاهده می‌شود پیش سرد کردن به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) باعث افزایش درصد مخمر زنده مانده در خمیر منجمد شده است. همچنین تیمار PC مؤثرتر از تیمار PC.1 بوده که نشان می‌دهد طولانی شدن زمان پیش سرد کردن باعث کاهش اثرات مثبت آن می‌شود. تفاوت بین نمونه‌های پیش تخمیر شده در حد معنی‌دار ($p < 0/05$) و قابل توجهی نبود ولی نمونه‌هایی که به مدت 40 دقیقه تخمیر شدند درصد مخمر زنده مانده بالاتری داشتند.

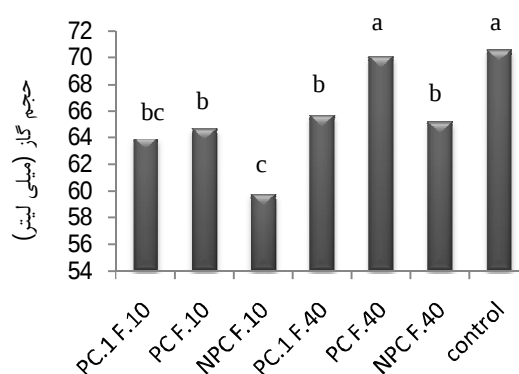
توان تولید گاز: شکل 1-b و جدول 2، نتایج اندازه‌گیری حجم گاز تولیدی نمونه‌های خمیر سنگک را نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود نمونه‌های پیش سرد شده حجم گاز بیشتری داشتند و در این مورد نیز سرد کردن برای مدت زمان کوتاه‌تر نتایج بهتری را نشان داده است، که در سطح 5% معنی‌دار بوده است.

مشاهده نتایج موجود در جدول 2 و شکل 1-b نشان

a)



b)



شکل 1. a) درصد مخمر زنده مانده و **b)** حجم گاز تولیدی در نمونه‌های متفاوت با اعمال تیمار پیش سرد کردن و پیش تخمیر

PC.1 F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)

PC F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)

NPC F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و بدون پیش سرد کردن)

PC.1 F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)

PC F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)

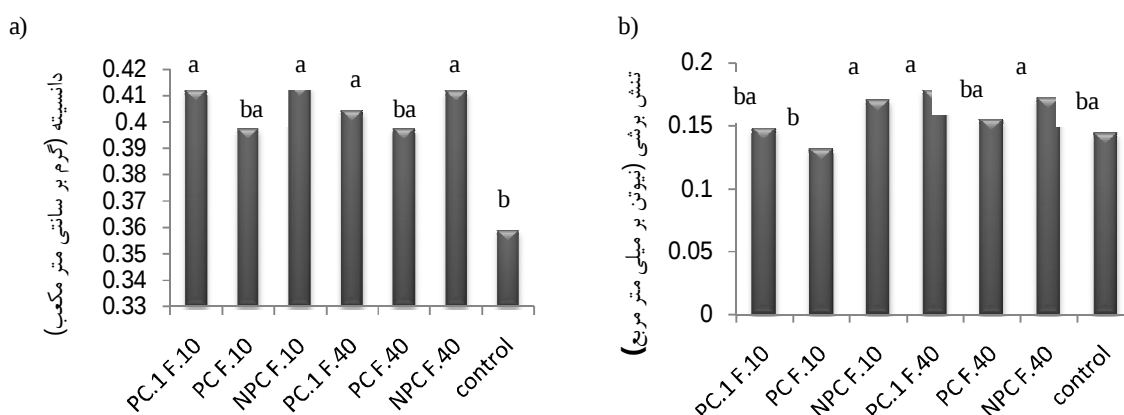
NPC F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و بدون پیش سرد کردن)

سنگک حاصل از خمیر منجمد را نشان می‌دهند. 45 دقیقه سرد کردن خمیر پیش از انجماد باعث کاهش معنی‌داری ($p < 0/05$) در تنش برشی نان سنگک حاصل از خمیر منجمد شده است که نشان می‌دهد تیمار پیش سرد کردن باعث بهبود بافت نان تهیه شده از خمیر منجمد می‌شود.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که نان حاصل از خمیر منجمد با 10 دقیقه پیش تخمیر بافت نرم‌تری در مقایسه با نان تهیه شده از خمیر منجمد با 40 دقیقه پیش تخمیر داشته است اگرچه تفاوت بین نمونه‌های با 10 و 40 دقیقه پیش تخمیر در حد معنی‌دار ($p < 0/05$) نبوده است (شکل 2-b و جدول 3).

دانسیتته نان: حجم بیشتر و در نتیجه دانسیته کمتر نان از ویژگی‌های موردنظر مصرف‌کنندگان محسوب می‌شود. علیرغم عدم تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های پیش سرد شده و نشده، سرد کردن خمیر پیش از انجماد تا حدودی باعث کاهش افزایش در دانسیته نان حاصل از خمیر منجمد شده است (جدول 3 و شکل 2-a). همان‌طور که نتایج موجود در جدول 3 نشان می‌دهد تفاوت قابل توجهی در دانسیته نان حاصل از خمیر منجمد با زمان‌های پیش تخمیر متفاوت وجود ندارد.

ارزیابی بافت: تنش برشی، مقدار نیروی لازم برای برش و جویدن نان را نشان می‌دهد. بنابراین افزایش تنش برشی نشان دهنده سفت‌تر شدن نان حاصل از خمیر منجمد می‌باشد. شکل 2-b و جدول 3، نتایج اندازه‌گیری تنش برشی نان



شکل 2. (a) دانسیته و (b) تنش برشی نان حاصل از نمونه‌های متفاوت با اعمال تیمار پیش سرد کردن و پیش تخمیر

PC.1 F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)

PC F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)

NPC F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و بدون پیش سرد کردن)

PC.1 F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)

PC F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)

NPC F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و بدون پیش سرد کردن)

جدول 3. مقایسه میانگین اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر دانسیته، تنش برشی و تغییر رنگ نان حاصل از خمیر سنگک منجمد

تیمار	دانسیته نان	تنش برشی (نیوتن بر میلی‌متر مربع)	شاخص تغییر رنگ (ΔE)
NPC	0/41253 ^a	0/17133 ^a	2/8089 ^a
PC	0/39725 ^a	0/14318 ^b	1/6263 ^b
PC.1	0/40813 ^a	0/16308 ^{ab}	2/6799 ^{ab}
F.10	0/40760 ^a	0/14986 ^a	1/9757 ^a
F.40	0/40434 ^a	0/168533 ^a	2/7678 ^a

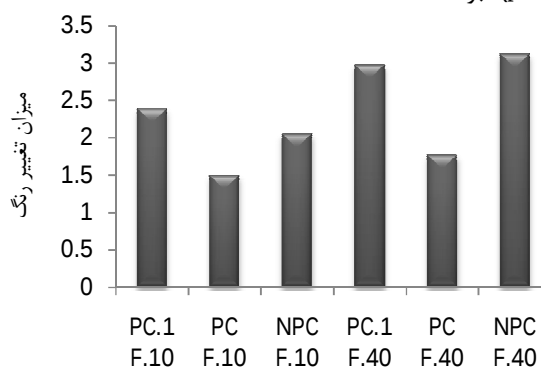
در هر عامل و برای هر صفت، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 با آزمون LSD می‌باشد.

NPC (بدون پیش سرد کردن)، PC (سرد کردن تا رسیدن به 4°C)، PC.1 (سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)، F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر)، F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر)

کریستال‌های یخ تشکیل شده می‌تواند به غشا سلول‌های مخمر آسیب زده و موجب کاهش زنده‌مانی سلول‌های مخمر گردد (20، 19). نتایج حاصل از بررسی اثر پیش سرد کردن بر خمیر منجمد نشان داد که سرد کردن خمیر پیش از انجماد باعث بهبود زنده‌مانی مخمر و توان تولید گاز در خمیر منجمد می‌شود. اثر پیش سرد کردن را می‌توان به آمادگی تدریجی سلول‌های مخمر برای فرآیند انجماد طی پیش سرد کردن نسبت داد. Sahara و همکاران، نتایج مشابهی مشاهده نموده و آن را به بهبود مقاومت سلول‌ها در اثر تیمار سرمایی نسبت داده‌اند (21). Matsutani و همکاران، افزایش تحمل به انجماد در اثر پیش سرد کردن را به تغییر نفوذپذیری غشا سلولی و افزایش استحکام سطح سلول‌های مخمر مرتبط دانسته‌اند (22). Phimolsiripol و همکاران گزارش نموده‌اند که پیش سرد کردن خمیر در دمای صفر درجه سانتی‌گراد برای 1 یا 3 ساعت یا 10°C برای 1 ساعت توان تولید گاز خمیر منجمد را بهبود می‌دهد (3). همچنین نتایج نشان داد که 40 دقیقه پیش تخمیر باعث افزایش درصد مخمر زنده مانده و حجم گاز می‌شود. Rasanen بیان نمود که زمان پیش تخمیر کوتاه پایداري انجماد - رفع انجماد خمیر منجمد را بهبود می‌دهد (23).

دانشیته تابعی از جرم و حجم نمونه می‌باشد. در ابتدای عمل پخت فعالیت مخمرها تشدید شده و در نتیجه تولید گاز افزایش می‌یابد. درصد بالاتر مخمر سبب تولید گاز بیشتر در خمیر طی مرحله پخت شده که با انبساط آن در اثر حرارت حجم بیشتر نان را سبب خواهد شد. بررسی اثر انجماد بر پارامترهای کیفی نان سنگگ حاصل از خمیر منجمد نیز نتایج به دست آمده در مورد خمیر را تأیید می‌کند. Kerr و Yi نیز مشاهده نموده‌اند که حجم مخصوص همه نان‌هایی که از خمیر منجمد تهیه می‌شوند کمتر از خمیر منجمد نشده است (6). سرد کردن خمیر پیش از انجماد اثرات بهبود دهنده‌ای را بر کیفیت نان تهیه شده از خمیر منجمد نشان داده است و مدت زمان کوتاه‌تر سرد کردن تأثیر بهتری را بر ویژگی‌های کیفی نان داشته است. Gabric و همکاران نیز مشاهده نموده‌اند که یک مرحله سرد کردن قبل از انجماد به حداقل سازی کاهش حجم در نان کمک می‌کند (24). نتایج همچنین نشان داد که پیش تخمیر به مدت 40 دقیقه اثر مثبتی بر روی ویژگی‌های کیفی نان حاصل از خمیر منجمد سنگگ نداشته است. Rasanen بیان نمود که شبکه گلوتن خمیرهای منجمد پیش تخمیر شده، مخصوصاً در سطح حباب هوا، به آسیب ناشی از کریستال‌های یخ خیلی حساس است. بنابراین

بررسی تغییرات رنگ نان حاصل از خمیر منجمد سنگگ: ایجاد رنگ طی پخت شاخص مهمی برای کیفیت نان است. نتایج حاصل از بررسی اثر پیش سرد کردن و پیش تخمیر بر شاخص تغییر رنگ (ΔE) در شکل 3 و جدول 3 نشان داده است. نتایج نشان می‌دهد که نان‌های تهیه شده از خمیر منجمد با 45 دقیقه پیش سرد کردن رنگ بهتری داشتند و با مقایسه میانگین‌های موجود در جدول 3 مشخص می‌شود که پیش سرد کردن با مدت زمان کوتاه‌تر (تیمار PC) باعث کاهش معنی‌دار ($p < 0/05$) تغییر رنگ نان حاصل از خمیر منجمد نسبت به نان تازه شده است. نتایج مربوط به بررسی اثر پیش تخمیر نشان می‌دهد که نان حاصل از خمیر منجمد با 10 دقیقه پیش تخمیر تغییرات رنگ کمتری داشته است و رنگ نان‌ها مناسب بود، اما میزان این تغییر رنگ بین نمونه‌های با 10 و 40 دقیقه پیش تخمیر در حد معنی‌داری ($p < 0/05$) نبوده است.



شکل 3. میزان تغییر رنگ نان حاصل از نمونه‌های متفاوت با

اعمال تیمار پیش سرد کردن و پیش تخمیر

PC.1 F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)

PC F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)

NPC F.10 (10 دقیقه پیش تخمیر و بدون پیش سرد کردن)

PC.1 F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن برای یک ساعت ماندن در 4°C)

PC F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و پیش سرد کردن تا رسیدن به 4°C)

NPC F.40 (40 دقیقه پیش تخمیر و بدون پیش سرد کردن)

• بحث

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که انجماد خمیر مانند هر محصول دیگری تأثیر قابل ملاحظه‌ای را بر کیفیت خمیر منجمد و نان حاصل از آن گذاشته است. انجماد خمیر باعث کاهش زنده‌مانی و فعالیت مخمر و در پی آن کاهش توان تولید گاز می‌شود. با افزایش غلظت مواد جامد حل‌شونده در آب منجمد نشده خمیر طی انجماد، فشار اسمزی افزایش پیدا کرده و موجب پلاسمولیز و از بین رفتن مخمر می‌شود (17). Kulp و Lorenz گزارش دادند که انجماد مخمر در یک سیستم خمیری امکان آسیب به سلول‌ها را در مقایسه با

در خمیر منجمد از جمله عواملی هستند که می‌توانند در تیره و غیر یکنواخت شدن رنگ نان نقش داشته باشند (6). بنابراین نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از تیمار پیش سرد کردن در تهیه خمیر منجمد سنگ می‌تواند راهکاری برای بهبود ویژگی‌های خمیر منجمد و در نتیجه نان تهیه شده از آن باشد. به علاوه مدت زمان پیش سرد کردن محدودیت دارد و زمان سرد کردن بیش از حد می‌تواند اثرات مثبت پیش سرد کردن را کاهش دهد. همچنین هرچه مدت زمان تخمیر پیش از انجماد کوتاه‌تر باشد نان تهیه شده از خمیر منجمد ویژگی‌های بافتی و ظاهر بهتری خواهد داشت.

• References

1. Payan R. introduction in cereal products technology. first ed. vol 1. Tehran: Iran. Aeezh Press; 1385. [In Persian].
2. Yi J, Kerr W. L. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Sci. Technol* 2009; 42: 1474-1483.
3. Phimolsiripol Y, Siripatrawan U, Tulyathan V, Cleland D. J.. Effect of cold pre treatment duration before freezing on frozen bread dough quality. *Int J Food Sci Technol* 2008; 43: 1759-1762.
4. LeBail A, Nicolitch C, Vuillod C. Fermented frozen dough: Impact of pre-fermentation time and of freezing rate for a pre-fermented frozen dough on final volume of the bread. *Food and Bioprocess Technology* 2010; 3: 197-203.
5. Van Dijck P, Gorwa M. F, Lemaire K, Teunissen A, Versele M, Colombo S, et al. Characterization of a new set of mutants deficient in fermentation-induced loss of stress resistance for use in frozen dough applications. *Int. J. Food Microbiol* 2000; 55: 187-192.
6. Yi J, Kerr W. L. Combined effects of dough freezing and storage conditions on bread quality factors. *J. Food Eng* 2009; 93: 495-501.
7. Havet M, Mankai M, LeBail A. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. *J. Food Eng* 2000; 45(3): 139-45.
8. Hernandez-Lopez M.J, Prieto J.A, Randez-Gil F. Osmotolerance and leavening ability in sweet and frozen sweet dough. Comparative analysis between *Torulasporadelbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* baker's yeast strains. *Antonie van Leeuwenhoek* 2003; 84: 125-34.
9. Octaviani Selomulyo V, Zhou W. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *J. Cereal Sci* 2007; 45: 1-17.
10. Phimolsiripol Y, Siripatrawan U, Tulyathan V, Cleland D. J. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *J. Food Eng* 2008; 84: 48-56.
11. Beales N. Adaptation of microorganisms to cold temperature, weak acid preservatives, low pH, and osmotic stress: a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2004; 3: 1-20.
12. Diniz-Mendes L, Bernardes E, de Araujo P.S, Panek A.D, Pascoal V.M.F. Preservation of frozen yeast cells by trehalose. *Bioeng Biotechnol* 1999; 65: 572-578.
13. Nakagawa S, Ouchi K. Construction from a single parent of baker's yeast strains with high freeze tolerance and fermentative activity in both lean and sweet doughs. *Appl. Environ. Microbiol* 1994; 60: 3499-3502.
14. Takano H, Ishida N, Koizumi M, Kano H. Imaging of the fermentation process of bread dough and the grain structure of baked breads by MRI. *J. Food Sci* 2002; 67: 244-250.
15. Approved methods of analysis of the American Association of Cereal Chemists (A.A.C.C). 10th ed The American Association of Cereal Chemists. St: Paul. MN. 2000.
16. Yam K. L, Papadakis S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J. Food Eng* 2004; 61: 137-142.
17. Stecchini M, Maltini E, Venir E, Torre M, Prospero L. Properties of Wheat Dough at Sub-Zero Temperatures and Freeze Tolerance of a Baker's Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *J. Food sci* 2002; 67: 2196-2201.
18. Lorenz K, Kulp K. Doughs for bread and rolls in the United States. In: Kulp K, Lorenz K, Brummer J, editors. *Frozen and refrigerated doughs and batter*, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN; 1995: 135-53.
19. Hsu K. H, Hosney R. C, Seib P. A. Frozen dough. 1. Factors affecting stability of yeasted doughs. *Cereal Chem* 1979; 56(5): 419-424.
20. Kline L, Sugihara T. Factors affecting the stability of the frozen bread dough. I. Prepared by straight dough method. *Baker's Digest* 1968; 42: 44-50.
21. Sahara T, Goda T. and Ohgiya S. Comprehensive expression analysis of time-dependent genetic responses in yeast cells to low temperature. *J. Biol. Chem* 2002; 277: 50015-50021.
22. Matsutani K, Fukuda Y, Murata K, Kimura A, Nakamura I, Yajima N. Physical and biochemical properties of freeze tolerant mutants of a yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Ferment. Bioeng* 1990; 70: 275-276.
23. Rasanen J. Prefermented frozen lean wheat dough. Ph.D. thesis. VTT Biotechnology and food research, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland. 1998.
24. Gabric D, Ben-Aissa F, Le-Bail A, Monteau J.Y, Curic D. Impact of process conditions on the structure of pre-fermented frozen dough. *J. Food Eng* 2011; 105: 361-366.

Impact of Pre-cooling and Pre-fermentation on Frozen Sangak Dough and Its Bread

Falah Joshaghani S^{*1}, Nasser Hamdami N²

1. **Corresponding author: Ph.D Student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: saidehfallah@yahoo.com*

2. *Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.*

Received 17 Oct, 2014

Accepted 10 Jan, 2015

Background and Objective: Fresh bread has a short shelf life, and its acceptability by consumer would be dramatically reduced by increasing the time between baking and consumption. One of the solutions for this problem is frozen dough technology. Therefore, in this study, the impact of cold pre-treatment and pre-fermentation in Sangak frozen dough and its bread was evaluated.

Materials and Methods: Dough samples (with 100% V/W water) were fermented for 10 min and 40 min and after pre cooling (until temperature of dough reaching 4 °C or holding 1 hour at 4 °C after reaching to this temperature) or without cooling, they were frozen under -25 °C in air blast freezer. After 24h storage at -18 °C, Sangak frozen dough and its bread quality were assessed by measuring yeast survival and gassing power after thawing, and by measuring density, texture and color variation after baking.

Results: Cooling dough before freezing had a positive effect on the viability of yeast and dough volume; it also improved the quality properties of bread prepared from it, such as density, texture and color ($p < 0.05$). In addition, pre-fermentation for 40 min improved the gassing power of dough significantly; however, it had no significant effect on its bread ($p < 0.05$).

Conclusion: Use of pre-cold treatment improved frozen dough and its bread quality.

Keywords: Frozen dough, Pre-cooling, Pre-fermentation, Sangak bread