بررسی اثرخمیرترش بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نان تست حاوی آردچاودار

علیرضافرجی*[1]،سیدعلی مشعشعی[2]، مینا کشانی[3]

۱- گروه آموزشی علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فن‌آوری‌های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،
۲-دانشگاه جامع علمی ـ کاربردی، مرکز آموزش علمی- کاربردی ثمین نان سحر
۳-دانش آموخته ی کارشناسی ارشد،گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشکده علوم وفن‌آوری‌های نوین،واحدعلوم دارویی،دانشگاه آزاداسلامی،تهران،ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش:۹۶/۰۲/۰۹

چکیده

استفاده از خمیرترش حاوی استارترهای لاکتوباسیلوس، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های طبیعی و ارزان قیمت در تولید نان با خصوصیات بافتی و حسی مطلوب می‌باشد. در پژوهش حاضر از خمیرترش حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و*لاکتوباسیلوس دلبروکی* به صورت تک و ترکیبی در فرمولاسیون نان تست حاوی آرد چاودارراستفاده شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تکنولوژیکی همچون میزان اسیدهای آلی (اسید لاکتیک، اسید استیک، اسید بوتیریک و اسید پروپیونیک)، رطوبت، حجم مخصوص، سختی بافت در سه بازه زمانی ۱، ۳ و ۷ روز پس از تولیدو طعم و مزه نمونه‌های تولیدی در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد باکتری‌های لاکتیکی سبب کاهش سختی بافت نان شدند. در حالیکهافزودن خمیرترش باعث گردید میزان اسید لاکتیک، اسید استیک، رطوبت، حجم مخصوصو امتیاز طعم و مزهنان افزایش یابد. همچنین از اسیدهای تولید شده اسید بوتیریک و اسید پروپیونیک نمونه‌های تولیدی اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نداشتند باتوجه به نتایج بدست آمده نمونه حاوی ترکیبی از باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* به‌عنوان بهترین نمونه معرفی گردید.

واژه های کلیدی : خمیرترش، باکتری اسید لاکتیک، بافت، طعم و مزه، ماندگاری.

*مسوول مکاتبات: alireza_ch57@yahoo.com

۱- مقدمه

نان یکی از مواد غذایی اصلی در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه است. با وجود توسعه و رقابت در زمینه‌ی تولید انواع مواد غذایی در جهان، نان هنوز نقش کلیدی در جیره‌ی غذایی دارد. این در حالی است که این ماده غذایی به دلایل متعددی از میزان ضایعات بالایی نیز برخوردار است. در مطالعات انجام شده در مورد ضایعات نان در خانواده‌ها و نانوایی‌های شهر تهران بالاترین میزان ضایعات مربوط به نان لواش بوده و نان‌های بربری و سنگک در رده بعدی قرار داشتند. خمیر بودن اطراف نان‌ها و پایین بودن کیفیت از علل ضایعات توسط مصرف‌کنندگان بیان شده است (۴). همین امر سبب گردیده است، در طی سال‌های اخیر به دلایل متعدد از برخی مواد شیمیایی به شکل‌های مختلف در فرمولاسیون نان استفاده شود و منجر به کاهش کیفیت تغذیه‌ای نان شده و سلامت جامعه را نیز به خطر انداخته است. از نظر اقتصادی نیز به دلیل وارداتی بودن این مواد افزودنی، استفاده و به‌کارگیری آن‌ها در صنایع نانوایی موجب ضرر و زیان اقتصادی خواهد شد. دستیابی به راهکاری که بتواند در عین کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی، کیفیت نان‌های تولیدی را افزایش دهد، نیازمند دانش فنی و ارائه راهکارهای ویژه‌ای است. استفاده از خمیرترش حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک یکی از این روش‌های کارآمد می‌باشد. طبق تعریف،خمیرتخمیرشده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک ومخمر،خمیرترش نامیده می‌شود (۳). در یک خمیرترش مناسب جهت استفاده، تعداد لاکتیک اسید باکتری‌های فعال باید cfu/gr ۱۰۹- ۱۰۸ وتعداد مخمرهای زنده باید cfu/gr ۱۰۷- ۱۰۶ باشد (۱۹) که موجب تغییراتی در خمیر می‌شوند. مهم‌ترین تغییر قابل تشخیص در خمیر، ایجاد عطر و طعم ترش ناشی از آن است. هم‌چنین،باافزودن خمیرترش،زمانماندگارینانطولانی‌ترمی‌شودو کپک‌زدگیوفسادطنابی[1] به تأخیر می‌افتد.

در همین راستا روچا و زاور مالکاتا (۲۰۱۲) به بررسی اثر آرد ذرت و چاودار به همراه خمیرترش در فرمولاسیون نوعی نان سنتی پرداختند. نتایج این محققین بیانگر بهبود بافت و خصوصیات حسی نان از جمله عطر و طعم بود. ضمن آنکه مدت زمان ماندگاری نان حاوی خمیرترش به لحاظ ممانعت از فعالیت میکروارگانیسم‌ها افزایش یافت (۱۸).پلیساس و همکاران (۲۰۱۱) نیز عملکرد خمیرترش حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک در سطوح ۵ و ۱۰ درصد را بر خصوصیات نان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد با افزایش میزان خمیرترش در فرمولاسیون خمیر بر امتیاز آروما، مزه و پذیرش‌کلی نمونه‌های تولیدی افزوده شد. این در حالی بود که بافت مستحکمی در محصول نهایی مشاهده گردید (۱۶). همچنین آرندت و همکاران (۲۰۰۷) نیز در تحقیق خود بیان نمودند، استفاده از خمیرترش در نان سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و پروتئاز شد که به موجب آن مدت زمان انبارمانی محصول تولیدی افزایش و ویژگی‌های تکنولوژیکی و حسی آن از جمله عطر و طعم بهبود یافت (۶). خراسانچی و همکاران (۱۳۹۲) نیز با بررسی استفاده از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *روتری* به‌عنوان آغازگر در تهیه خمیرترش، عنوان داشتند که نمونه نان‌های کنترل pH بالاتر (۵۹/۶۳)، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون پائین‌تر، میزان حجم و ارتفاع بیشتری از نان‌های حاصل از خمیرترش داشتند. علاوه بر این اذعان داشتند که خمیرترش تهیه شده با آغازگر لاکتوباسیلوس روتری باعث تولید نانی با خصوصیات حسی بهتر، نرخ پائین‌تر بیاتی و زمان ماندگاری بالاتر نسبت به نان‌های تهیه شده با آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* شد (۲). با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از خمیرترش حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* به صورت تکی و ترکیبی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نان تست حاوی آرد چاودارد چاودار بود.

[1] Ropy spoilage

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم با درجه استخراج ۸۲ درصد، ۱۲/۱ درصد رطوبت، ۱۱/۰۵ درصد پروتئین، ۱/۴۲ درصد چربی و ۰/۷۵ درصد خاکستر؛ از کارخانه اتحاد (البرز، ایران) و آرد چاودار با ۸/۳ درصد رطوبت، ۱۰/۳۳ درصد پروتئین، ۱/۷۶ درصد چربی و ۱/۷۵ درصد خاکستر؛ از کارخانه ثمین نان سحر (تهران، ایران) خریداری گردید. برای این منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شد. بهبود دهنده نان تست با نام تجاری ۰-۵ و ۰-۴ از کارخانه سحر (تهران، ایران) و سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر ومارگارین از یک فروشگاه معتبر خریداری و خمیرمایه تر *ساکارومایسس سرویزیه*) نیز از کارخانه خمیر مایه رضوی (مشهد، ایران) تهیه و در یخچال (دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد) نگهداری شد. سویه‌های خالص باکتری لاکتوباسیلوس فرمانتوم با کد ۱۰۴۴ که حاوی CFU/ml ۱۰۸ ×۲۵ و لاکتوباسیلوس دلبروکی با کد ۱۰۴۳ که حاوی CFU/ml ۱۰۸ ×۱۵ سلول باکتری اسید لاکتیک بودند، از مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه خمیرترش

به‌منظور تهیه خمیرترش ابتدا ۱۰۰ گرم آرد گندم با ۱۲۵ میلی‌لیتر آب مخلوط شد. در ادامه ۸ گرم مخمر *ساکارومیسس سروزیه* و ۱۰ گرم شکر به مخلوط فوق اضافه گردید. سپس ۱۶۲ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و یا *لاکتوباسیلوس دلبروکی* (مطابق با جدول ۱) به مخلوط فوق اضافه شده و به مدت ۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شد و خمیرترش تولیدی در فرمولاسیون نان تست اضافه گردید. شایان ذکر است که سوسپانسون باکتری از طریق فعال‌سازی و تکثیر کشت آغازگر در محیط MRS[2]براث در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۲۴ ساعت تهیه شده، پس از رشد باکتری‌ها، سلول‌ها با استفاده از سانتریفوژ جدا گردیدند. هم‌چنین برای استاندارد کردن تعداد سلول‌ها از روش مک فارلند استفاده شد (۱).

[2]Man, Rogosa& Sharp

جدول ۱- تیمارهای تحقیق.

تیمار	باکتری مورد استفاده در تهیه خمیرترش	*لاکتوباسیلوس دلبروکی* (گرم)	*لاکتوباسیلوس فرمانتوم* (گرم)
۱ (شاهد)		–	–
۲		۱٦۲	–
۳		–	۱٦۲
٤		۸۱	۸۱

۲-۲-۲- تهیه خمیر و تولید نان تست

فرمول پایه (شاهد) خمیر نان تست حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم، ۲۵ درصد آرد چاودار، ۶ درصد مارگارین، ۴ درصد مخمر تر، ۱۰ درصد بهبوددهنده ۰-۴، ۰/۲ درصد بهبود دهنده ۰-۵ و ۵۰ درصد آب بود. به‌طور کل جهت تهیه نان تست در ابتدا کلیه مواد خشک در مخزن همزن (مدل Diosna، ساخت کشور آلمان) ریخته شد و به مدت یک دقیقه با دور کند دستگاه با هم مخلوط شدند. سپس آب و سایر مواد مایع به مخلوط فوق اضافه گردید و عمل هم‌زدن به مدت ۲ دقیقه در همین سرعت ادامه یافت. همزن با دور تند دستگاه به منظور تولید خمیر یکدست و سپری شدن تخمیر اولیه، به مدت ۸ دقیقه انجام شد. در مرحله بعد چانه‌هایی با وزن ۵۰۰ گرم تهیه گردید و چانه‌ها به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند تا زمان تخمیر میانی سپری گردد. سپس خمیر شکل‌دهی شدن و درون قالب‌های مخصوص نان تست قرار گرفت. قالب‌های حاوی خمیر به‌منظور سپری شدن زمان تخمیر نهایی در گرمخانه (مدل MIWE backcombi، ساخت کشور آلمان) با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۹۰ درصد و به مدت ۴۵ دقیقه گذاشته شدند. پس از این مرحله، قالب‌ها از گرم‌خانه خارج و به فر پخت الکتریکی با هوای گرم (مدل MIWE backcombi، ساخت کشور آلمان) انتقال یافت و عمل پخت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. در انتها عمل سرد کردن نمونه‌های تولیدی طی ۳ ساعت و در دمای محیط انجام شد و پس از برش زدن درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند.

۲-۲-۳- آزمون‌های کمی و کیفی نان تست

۲-۲-۳-۱- حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های نان تست از روش جایگزینی حجم با دانه[3] مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۱۰-۷۲ استفاده گردی و در انتها از تقسیم حجم به وزن، حجم مخصوص محاسبه شد (۵).

۲-۲-۳-۲- رطوبت

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید (۵).

۲-۲-۳-۳- سفتی بافت

ارزیابی سختی بافت نان در فاصله زمانی ۱، ۵ و ۷ روز پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای

[3] Rape seed displacement

صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به‌عنوان شاخص سختی[4] محاسبه گردید. نقطه شروع[5] و نقطه هدف[6] به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود.

۳-۲-۳-٤- اسیدهای آلی

ارزیابی میزان اسیدهای آلی نظیر اسید لاکتیک، اسید بوتیریک، اسید پروپیونیک و اسید استیک با استفاده از کروماتوگرافی گازی (مدل شیماتسو، ساخت کشور ژاپن) انجام شد. بدین منظور ۱ گرم از نمونه همگن شده به ۵ میلی‌لیتر آب اضافه گردید. در ادامه محلول فوق‌الذکر را سانتریفوژ نموده و قسمت فوقانی را همزمان با نمونه‌های استاندارد اسیدهایی که در بالا به آن‌ها اشاره گردید، با سرنگ به ستون کروماتوگرافی تزریق شد.

۲-۲-۳-۵- آزمون خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۹۹۱) انجام شد (۱۷). بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش‌دیده مطابق با آزمون مثلثی و روش گاسولا و سینگ (۱۹۸۴) انتخاب گردیدندو سپس طعم و مزه نمونه‌های تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۱). ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود.

۲-۲-٤- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده ازاین پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه‌ی ۱/۴۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. هریک از ۴ نمونه نان تست در سه تکرار تهیه و آزمون‌های مربوطه در مورد آن‌ها انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۹۵ درصد (P<۰/۰۵) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

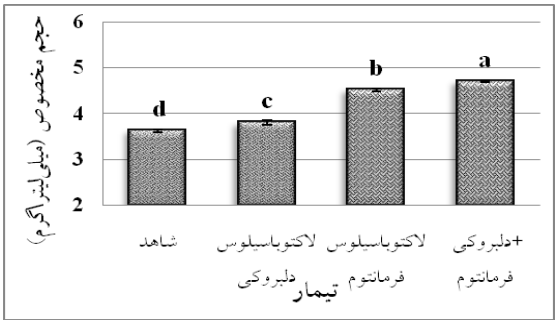
۳- نتایج و بحث

۳-۱- حجم مخصوص

تایج تأثیر افزودن خمیرترش‌های مختلف حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک بر میزان حجم مخصوص نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) در شکل ۱آورده شده است. با بررسی نتایج اندازه گیری میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی مشخص گردید که تخمیر لاکتیکی در افزایش این پارامتر به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد مؤثر بود. به‌طوری که نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس دلبروکی*، نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و نمونه ترکیبی (حاوی *لاکتوباسیلوس دلبروکی* و *لاکتوباسیلوس فرمانتوم*) نسبت به نمونه شاهد از میزان حجم مخصوص بیشتری برخوردار بودند. به‌طور کلی خمیرترش نقش خود را در نان از طریق سه عمل اصلی تولید اسید، گاز دی‌اکسیدکربن و مواد مولد عطر و مزه ایفا می‌کند. اسید توسط باکتری‌های لاکتیکی تولید می‌شود و پوکی بر اثر فعالیت مخمر خمیر به‌وجود می‌آید. این در حالی است که در تشکیل مواد معطر نان باکتری‌ها و مخمر تواماً دخالت دارند (۱۵). بنابراین نمونه‌های حاوی باکتری‌های لاکتیکی از میزان حجم مخصوص برابری با نمونه شاهد برخوردار بودند. که علت این امر می‌تواند مربوط به تأثیر تولید اسید و اصلاح فرم‌پذیری خمیر باشد. بدین معنی که با تولید اسید خاصیت الاستیسیته و کشسانی خمیر بهبود یافته و نگهداری سلول‌های گازی تولید شده توسط مخمر را بهبود بخشیده که به موجب این امر تعداد حبابچه‌های هوای بیشتری در بافت خمیر در هنگام ورود به فر وجود داشته است. از این‌رو این حباب‌های هوا در طی فرایند پخت در اثر افزایش دما منبسط شده و حجم مطلوبی را در نمونه‌های تولیدی ایجاد نموده‌اند. سرافراز و همکاران (۱۳۸۷) از خمیرترش مرطوب در فرمولاسیون نان

[4] Hardness
[5] Trigger Point
[6] Target Value

استفاده نمودند و اذعان داشتند که با افزایش میزان مصرف خمیرترش در فرمولاسیون، حجم مخصوص نان افزایش یافت (۳).

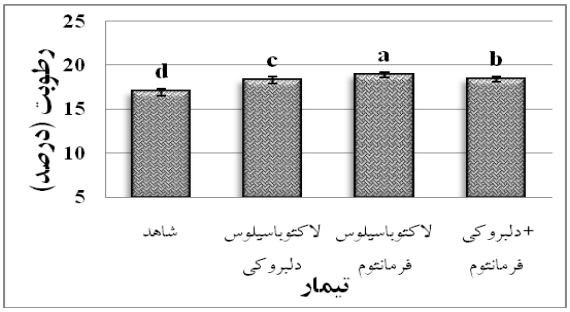


شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان حجم مخصوص نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار.

(حروف مشابهاز نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند)

۳-۲- رطوبت

نتایج تأثیر افزودن خمیرترش‌های مختلف حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک بر میزان رطوبت نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) در شکل ۲آورده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که میزان رطوبت نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس دلبروکی*، نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و نمونه ترکیبی، نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بیشتر بود. این در حالی است که بیشترین میزان رطوبت در نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* مشاهده گردید. با توجه به اینکه تعدادی از باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند تولید پلی‌ساکارید خارج سلولی (EPS)[7] از قبیل دکستران، گزانتان، گلوکان، فروکتان و لوان نمایند (۱۴)، در نمونه‌های تخمیری حاوی باکتری‌های لاکتیکی، میزان جذب آب خمیر و در نتیجه میزان رطوبت محصول نهایی نسبت به نمونه شاهد بیشتر می باشد.



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان رطوبت نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار.

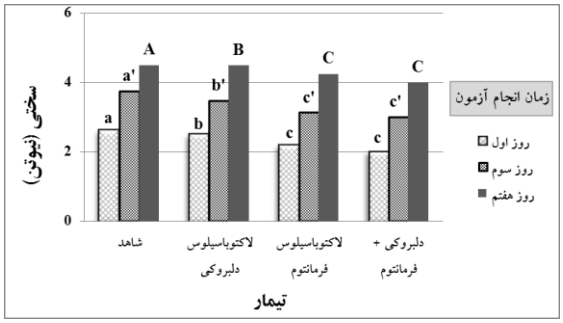
(حروف مشابهاز نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند)

۳-۳- سفتی بافت

نتایج تأثیر افزودن خمیرترش‌های مختلف حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک بر میزان سختی بافت نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) طی بازه زمانی ۱، ۳ و ۷ روز پس از پخت، در شکل ۳آورده شده است. نتایج ارزیابی میزان سختی نشان داد، نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارای میزان سختی بیشتری نسبت به نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس دلبروکی*، نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و نمونه ترکیبی در هر سه بازه زمانی بود. در اینجا می‌توان گفت که باکتری‌های لاکتیکی قادر به تولید اسید لاکتیک می‌باشند، با حضور این اسید تولیدی و افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، نشاسته که برگشت حالت کریستالی آن عامل اصلی بیاتی در طی مدت زمان ماندگاری و سختی بافت نان است، تجزیه و از آن دکسترین‌هایی با وزن مولکولی کم ایجاد می‌شود که این موضوع می‌تواند در کاهش بیاتی نان و سختی آن مؤثر باشد (۷). در این راستا کرالی و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی زمان ماندگاری نان گندم حاوی خمیرترش به نتایج مشابهی دست یافتند و تولید اسید را عاملی مؤثر در کاهش میزان سفتی بافت نان پس از تولید و در طی انبارمانی دانستند (۹). همچنین آرندت و همکاران (۲۰۰۷) در طی تحقیق خود اذعان داشتند که محصول عمده تخمیر کربوهیدرات به‌وسیله این باکتری‌ها، اسیدهای آلی بود که این

[7]Extracellular polymeric substances

ترکیبات (اسیدهای آلی) روی اجزاء نشاسته و پروتئین آرد تأثیر داشتند و با کاهش pH سبب فعالیت آمیلازها و پروتئازهای آرد شدند و به موجب آن میزان سفتی بافت نمونه‌های حاوی خمیرترش نسبت به نمونه‌های فاقد آن کاهش یافت (۶).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان سختی بافت نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار طی بازه زمانی ۱، ۳ و ۷ روز پس از پخت.

(حروف مشابه در هر بازه زمانی از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند)

۳-٤- اسیدهای آلی

نتایج تأثیر افزودن خمیرترش‌های مختلف حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک بر میزان اسیدهای آلی موجود در نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) در جدول ۲آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، نمونه‌های حاوی خمیرترش و تحت تیمار تخمیر لاکتیکی از میزان اسیدلاکتیک و اسید استیک بیشتری به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد برخوردار بودند. به‌طوری که بالاترین میزان اسید لاکتیک مشترکاً در نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و نمونه ترکیبی مشاهده گردید. این در حالی بود که بالاترین میزان اسید استیک در نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* تعلق داشت. از سوی دیگر ارزیابی نتایج بررسی میزان اسید بوتیریک و اسید پروپیونیک گویای عدم اختلاف معنی‌داری بین هر چهار نمونه تولیدی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود. در همین راستا می‌توان گفت که باکترهای خیرترش تقریباً بدون استثناء از نوع باکتری‌های اسید لاکتیک هستند که جزء جنس لاکتوباکتریوم می‌باشند. علاوه بر آن در خمیرمایه و یا خمیرترش پدیوکوکوس اسید لاکتیکی که جزء جنس میکروکوکوس به شمار می‌رود، یافت می‌شود (۸ و ۱۵). نقش اصلی این باکتری‌های لاکتیکی تولید اسید در خمیر نان است که غالب اسید تولیدی توسط این باکتری‌ها، اسید لاکتیک و اسید استیک (۱۳). از این‌رو در پژوهش پیش‌رو کاملاً قابل پیش‌بینی بود که نمونه‌های تحت تیمار خمیرترش از محتوای اسید لاکتیک و اسید استیک بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار باشند.

جدول ۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان اسیدهای آلی موجود در نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار.

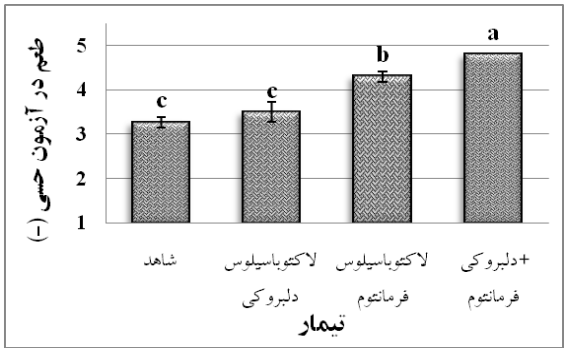
اسید آلی (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) / تیمار	اسید لاکتیک	اسید استیک	اسید بوتیریک^{ns}	اسید پروپیونیک^{ns}
شاهد (فاقد خمیرترش)	۳۵/٤٦ ±۰/۰۲^{c}	۱/۰۱ ±۰/۰۲^{d}	۰/۰۵۳ ±۰/۰۰۱	۰/۳۰ ±۰/۰۱
لاکتوباسیلوس دلبروکی	۳۸/۲۵ ±۰/۰۳^{b}	۱/۵۰ ±۰/۰۲^{c}	۰/۰۵۵ ±۰/۰۰۱	۰/۳۱۵ ±۰/۰۱
لاکتوباسیلوس فرمانتوم	٤۲/۰۲ ±۰/۰۳^{a}	۱/۸۵ ±۰/۰۲^{a}	۰/۰٦۰ ±۰/۰۰۰	۰/۳۲ ±۰/۰۱
لاکتوباسیلوس دلبروکی + فرمانتوم	٤۱/۱۱ ±۰/۰۳^{a}	۱/۷۰ ±۰/۰۲^{b}	۰/۰۵۷ ±۰/۰۰۱	۰/۳۱ ±۰/۰۰

(حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند)

(ns: از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند)

۳-۵- خصوصیات حسی (طعم و مزه)

نتایج تأثیر افزودن خمیرترش‌های مختلف حاوی باکتری‌های اسید لاکتیک بر میزان امتیاز طعم و مزه نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) در شکل ۴ آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد تمام نمونه‌های حاوی خمیرترش نسبت به نمونه شاهداز امتیاز بیشتری به لحاظ طعم (بو و مزه) برخوردار بودند. این در حالی بود که داوران چشایی به‌ترتیب به نمونه ترکیبی، نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس دلبروکی* امتیاز بیشتری دادند. در ارتباط با بهبود عطر و مزه نمونه‌های تولیدی در نتیجه حضور خمیرترش در فرمولاسیون نان تست حاوی آرد چاودار باید گفت که حضور آنزیم‌های پروتئولیتیکی در سیستم خمیرترش، پروتئین‌های مختلف را تجزیه می‌کند. بر اثر پروتئولیز، اسیدهای آمینه آزاد بوجود می‌آید که عوامل بوجود آورنده عطر و مزه می‌باشند. البته بالا بودن اسیدآمینه به‌تنهایی نمی‌تواند طعم خوب به‌وجود آورد. از طرفی آلدئیدها و کتون‌ها نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در مواد معطر نان دارند و به عنوان پایه اصلیتولید مواد معطر شناخته می‌شوند. هم‌چنین ذکر این نکته ضروری است باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند مواد معطر متفاوتی از جمله دی استیل، استالدئید، هگزانال و اتیل استات تولید کنند و در واقع ویژگی‌های اصلی (طعم خمیرترش و تولید متابولیت‌های مناسب) تا حدودی نیز تابع گونه‌ی میکروبی مورد استفاده، مواد خام و فراهم بودن کربوهیدرات و چگونگی تولید می‌باشد (۱۰، ۱۲ و ۲۰).



شکل ٤- تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان امتیاز طعم و مزه نمونه‌های نان تست حاوی آرد چاودار در آزمون حسی.

(حروف مشابهاز نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش از باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* به صورت تک و ترکیبی در خمیرترش که به فرمولاسیون نان تست حاوی آرد چاودار اضافه گردید، استفاده شد. نتایج به وضوح نشان داد که حضور باکتری‌های لاکتیکی در فرمولاسیون نان سبب کاهش میزان سختی بافت نان در طی بازه زمانی و افزایش میزان ماندگاری محصول نهایی شد. این در حالی بود که در نتیجه حضور خمیرترش در بین مواد اولیه نان میزان اسید لاکتیک، اسید استیک، رطوبت، حجم مخصوصو امتیاز طعم و مزه افزایش یافت. در نهایت با توجه به نتایج مطلوبی که نمونه حاوی ترکیبی از باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* کسب نمودند، این نمونه را به‌عنوان بهترین نمونه در تهیه خمیرترش مورد استفاده در فرمولاسیون نان تست چاودار، معرفی گردید.

٥- منابع

۱. بلوریان،ش.، حدادخداپرست، م.ح.،گلی موحد، غ.وافشاری، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرتخمیرلاکتیکی (لاکتوباسیلوسپلانتاروم) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ، عطرو طعم ،بیاتی و خصوصیات

پوسته نان نیمه حجیم (باگت). فصلنامه علوم وصنایع غذایی، دوره۷،شماره۳، ص ۳۹-۳۳.

۲. خراسانچی، ن.، پیغمبردوست، ه.، گلشن تفتی، ا.،حجازی، م. ا. و رأفت، ع. ۱۳۹۲. استفاده از لاکتوباسیلوس پلانتروم (ATCC 1058) و روتری (ATCC 1655) به‌عنوان آغازگر در تهیه خمیرترش. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۳، شماره ۱، ص ۹۵-۸۶.

۳. سرفراز،ا. ،عزیزی،م.ح. ،حمیدی اصفهانی،ز.،کریمی ترشیزی، م. ا. و ظفری، ع. ۱۳۸۷. اثرات متقابل باکتری‌های لاتیکاسیدو مخمرنان وابیدرتخمیرخمیرترش مایع. مجله علوم تغذیه وصنایع غذایی ایران. سال سوم،شماره۲،ص ۸۰ – ۷۳.

٤. کریمی، م.، شیخ‌الاسلامی، ز.، قیافه داودی، م.، نقی‌پور، ف.، صحرائیان، ب.، و اولیایی، س.الف. ۱۳۹٤.مقایسه اثر تخمیر مایع، اسفنجی و خمیرترش بر ماندگاری نان مسطح و رنگ سنجی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

5. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
6. Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., and Dal Bello, F. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. Food Microbiology, 24: 165-174.
7. Chinachoti, C. 2003. Preventing breadstaling. In: Bread making, improving quality.Cauvain, S. (ed.) Woodhead PublishingLimited, Cambridge, UK.
8. Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J. 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. Journal of Food Science, 63: 347-351.
9. Crowley, P., Schober, T., Clarke, C. and Arendt, E. 2002. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. European Food Research and Technology, 214: 489- 496.
10. De Angelis, M., Gallo, G., Corbo, M.R., mcsweeney, P.L., Faccia, M., Giovine, M., and Gobbetti, M. 2003. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from Lactobacillus sanfranciscensis CB1. Food Microbiology, 87(3): 259-70.
11. Gacula, J.R., and Singh. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A. 360-366.
12. Gobbetti, M., Angelis, M., Corsetti, A., and Cagno, R. 2005. Biochemistry and physiology of sourdough lactic Acid Bacteria. Trends in Food Science and Technology, 16(1-3): 57-69.
13. Katina, K., Poutanen, K., and Karin, A. 2004. Influence and Interactions of Processing Conditions and Starter Culture on Formation of Acids, Volatile Compounds, and Amino Acids in Wheat Sourdoughs. Cereal Chemistry, 81(5): 598-610.
14. Korakli, A., Pavlovic, M., Michael, G., Ganzle, and rudif. V. 2003 Exopolysaccharide and Kestose Production by Lactobacillus sanfranciscensis LTH2590. Appl. Environ. Microbiol, 69(4): 2073–2079.
15. Martínez-Anaya, M.A. 2003. Associations and interactions of microorganisms in dough fermentations: effects on dough and bread characteristics. In: K. Kulp and K. Lorenz (Eds.). Handbook of dough fermentations. Marcel Dekker Inc, New York.
16. Plessas, S., Alexopoulos, A., Mantzourani, I., Koutinas, A., Voidarou, C., Stavropoulou, E., and Bezirtzoglou, E. 2011. Application of novel starter cultures for sourdough bread production. Anaerobe, 17(6): 486-489.

17. Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Pp. 1-50, Iranian Cereal and Bread Research Institute, Publication no.71, Tehran, Iran.
18. Rocha, J.M., and Xavier Malcata, F. 2012. Microbiological profile of maize and rye flours, and sourdough used for the manufacture of traditional Portuguese bread. Food Microbiology, 31(1): 72-88.
19. Salim, R., AlistairPaterson, A., and Piggott, J.R. 2006. Flavour in sourdough breads: a review. Trends in Foodscience and Technology, 17: 557-566.
20. Tieking, M., Korakli, M., Ehrmann, M.A., Gänzle, M., and Vogel, R.F. 2003. In situ production of exopolysaccharides during sourdough fermentation by cereal and intestinal isolated of lactic acid bacteria. Applied Environmental Microbology, 69(2): 945-952.