# اثر پودر آب پنیر بر خواص رئولوژیک خمیر و بیاتی نان سنگک

جلال جمالیان و امیررضا رحیمی[۱]


## چکیده

*پودر آب پنیر به علت دارا بودن لاکتوز و پروتئین عامل مهمی در قوی کردن آرد و کاهش نقش نشاسته گندم بوده و می‌تواند سهمی در کاهش بیاتی نان داشته باشد. در این پژوهش پودر آب پنیر در پنج سطح (صفر تا پنج درصد) به آرد نان سنگک افزوده شد و با فرمولاسیون آرد و پودر آب پنیر، برابر روش معمول در نانوایی‌های سنگک سنتی نان تهیه شد. این نمونه‌ها به همراه نمونه شاهد در دمای اتاق و یخچال به مدت ۳۶ ساعت قرار گرفت و بیاتی آنها توسط اعضای گروه چشایی ارزیابی گردید. پروتئین، خاکستر، رطوبت و چربی نان‌ها و نیز خواص فارینوگرافی، آمیلوگرافی، اکستنسوگرافی و فرمنتوگرافی خمیرهای آنها بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های بیاتی، شامل رنگ، بافت و طعم، و هم‌چنین میزان پروتئین، خاکستر و چربی نان‌ها به روش آنالیز واریانس ارزیابی، و برای تعیین اختلاف بین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده گردید.*

*نتایج نشان می‌دهد که تیمار دارای سه درصد پودر آب پنیر بیشترین تأخیر را در بیاتی ایجاد کرده است. طعم تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد با هم تفاوتی نداشتند، ولی بهترین رتبه را از لحاظ رنگ، نان دارای پنج درصد پودر آب پنیر به دست آورد. از لحاظ بافت، نان دارای سه درصد پودر آب پنیر از همه بهتر بود. میزان پروتئین، خاکستر و چربی در نان دارای پنج درصد پودر آب پنیر بیشتر از بقیه بود. ویسکوزیته حاصل از آزمون آمیلوگرافی و پارامترهای فارینوگرافی در آرد دارای پنج درصد پودر آب پنیر به حداکثر خود رسید. در مورد خواص اکستنسوگرافی، دیده شد که بهترین کشش‌پذیری مربوط به خمیری بود که آرد آن چهار درصد پودر آب پنیر، و بیشترین انرژی خمیر متعلق به خمیری بود که آرد آن پنج درصد پودر آب پنیر داشت. نتایج فرمنتوگرافی نیز نشان داد که بهترین نمونه از لحاظ افزایش حجم مربوط به خمیر دارای سه درصد پودر آب پنیر است. به طور کلی، افزودن سه درصد پودر آب پنیر به آرد نان سنگک بهترین نتیجه را از لحاظ تأخیر در بیاتی، افزایش حجم و خوش‌رنگی نان، همراه با تأثیر مثبت در خواص رئولوژیک نشان می‌دهد.*


**واژه‌های کلیدی:** *بیاتی نان سنگک، پودر آب پنیر، رئولوژی خمیر*

---

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

**مقدمه**

گندم و فراورده‌های آن، به ویژه نـان، اصلی‌تریـن منبـع غذایـی مـردم بسـیاری از کشـورهای جـهان را تشـکیل داده و روزانـه قسمت اعظم انرژی، پروتئین و املاح معدنی مورد نیـاز آنـها را تأمین می‌کند (٦ و ٨).

در چند سال اخیر مصرف نان در ایران بـه دلایـل بسـیار، از جمله افزایش هزینه دیـگر مـواد غذایـی، افزایـش چشـم‌گیـری داشته، ولی متأسفانه همـراه بـا افزایـش مصـرف، اقدامـات لازم بـرای بـهبود آن صـورت نگرفتـه اسـت (٨ و ١٠). چنـان کـه بررسی‌ها نشان می‌دهد ۳۰ درصد گندم تولیـد شـده در زنجیره گندم، آرد و نان کشور به طرق مختلف هدر می‌رود، که با توجه به تنگناهای ارزی موجود، ارزش ایـن ضایعـات حـائز اهمیـت است (۹). یکی از دلایل ضایعات نان، بیات شدن سـریع (کمـتر از ۱۲–۱۸ ساعت) نان‌هـای سـنتی اسـت (۱۰). در بیـاتی، نـان سفت و خشن شده و تردی آن از دست می‌رود. رنگ سطح نان تیره شده و کریستالیزاسیون نشاسته در مغز نان صورت می‌گیرد، و در بو و طعم نـان نـیز تغییراتی بـه وجـود می‌آیـد. نخسـتین پژوهش در باره بیاتی در سـال ۱۸۵۲ بـه وسـیلهٔ Boussingault انجام شد، و عقیده بر این بود که علت بیـاتی رتـروگراداسـیون نشاسته است (برگرفته از ٢٤ و ٢٥).

با توجه به این که عامل اصلی بیاتی نان تغییر وضعیـت آب می‌باشد، هر عاملی که باعث شود نگ‌هداری آب در نـان بیشـتر گردد در تازه ماندن آن مؤثر است. به همین دلیل نان‌هـای تهیـه شده از آردهایی که با فراورده‌هـای شـیر (مـانند شـیر خشـک) مخلوط می‌شوند، به خاطر دارا بودن آب بیشتر، مدت زیـادتری تازه می‌مانند (٢، ٨ و ٢٦). از سویی، به علت توجه روزافزون به مشکلات زیست محیطی، و به موازات آن افزایش تولید پنـیر در بسیاری از کشورها، جستجوی مصارف جدید برای آب پنـیر در سـال‌های اخـیر ضـرورت پیـدا کـرده اسـت. آب پنـیر حـاوی ترکیبـات مختلفـی از جملـه لاکتـوز، پروتئیـن، مـواد معدنـی و ویتامین‌ها است، که در این میان لاکتوز و پروتئین بیشترین نقش را در خواص رئولوژی ایفا می‌نمایند (١ و ٧).

بارنز و همکاران (۱۲) طی پژوهشی اعلام کردند که در اثـر افزودن ٥/٦ درصد لاکتوز به آرد، زمـان اختـلاط و قـوام خمـیر نسبت به کنترل سه دقیقه افزایش می‌یابد.

هولمز و لـوپـز (۲۲) مقـادیر متفـاوتی لاکتـوز بـه آرد نـان افزودند و گزارش کردند که افـزودن لاکتـوز (بـه مـیزان چـهار درصد)، شکر (به میزان چهار درصد) و روغن قنادی (به مـیزان دو درصد) به نان باعث می‌شود محصول مدت طولانی‌تری تازه بماند. دلیل این امر را چنین بیان کردند که لاکتوز در نان، آب را بـه خـود جـذب کـرده و رطوبـت را در محصـول نـهایی نـگه می‌دارد؛ در نتیجه محصول تردتر، نرم‌تر و بـا خـواص چشـایی بهتری به دست می‌آید. این پژوهندگان هـم‌چنیـن افزودنـد کـه لاکتوز به دلیل واکنش میلارد بـا پروتئین‌هـا و واکنـش کـاراملی شدن رنگ طلایی خوش‌رنگی به محصول می‌دهد. در طی ایـن پژوهش نشان داده شد که لاکتوز نگهدارنده خوبی بـرای طعـم، عطر و رنگ بوده، و ایـن خـواص را طـی فراینـد پخـت حفـظ می‌کند. لاکتوز به دلیل خاصیت تردکنندگی، دیواره سـلولی نـان را سفت کرده، حجم نان را بهبود می‌بخشد (٢٢ و ٢٣).

هم‌چنین، در پژوهشی دیگر عنوان گردید کـه افـزودن شـیر خشک کم چربی تا شـش درصـد، بـاعث افزایـش نقطـهٔ فـراز ژلاتینی شدن در آمیلوگرام می‌شود، و بیشتر از آن منحنی منظمی به دست نمی‌دهد (١٦).

گای (۲۰) گزارش کرد که افزودن ٤/٢ درصـد آب پنـیر بـه خمیر نان، پایداری خمیر را نسبت به نمونه شاهد به مـیزان سـه دقیقه افزایش می‌دهد.

چومـاچنکـو و همکـاران (۱۳، ١٤ و ١٥) اثـر افـزودن ١–٥ درصد پودر آب پنیر را به آرد گندم بررسـی کردنـد، و بـه ایـن نتیجه رسیدند که افزودن دو درصد پودر آب پنیر بهترین نتیجـه را از لحاظ خواص ارگانولپتیک، زمان تخمیر و ورآمـدن خمـیر ایجاد می‌کند، به طوری که حجم را تا ۹ درصد و نرمی نان را تا ۱۲ درصد افزایش می‌دهد. هابر و جاکوبچیک (۲۱) نیز در سـال ۱۹۷۳ به نتایج فوق دست یافته بودند.

ملکی و همکاران (٢٦) دریافتند که با افزایش مقدار پروتئین



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

آرد به میزان ۰/۹ درصد، بیاتی نان پس از یک روز نسبت به کنترل کمتر می‌شود.

سورتفیگر (۲۹) اعلام کرد که شیر خشک جاذب‌الرطوبه خوبی است، و اگر به آرد افزوده شود می‌تواند جذب آب آرد را افزایش دهد. وی نتیجه گرفت که افزودن ٤-٦ درصد شیر خشک به آرد باعث جذب آب بیشتر خمیر حاصل از آن شده، در نتیجه نان حجیم تهیه شده از آن مدت زمان بیشتری تازه می‌ماند، زیرا از دست رفتن رطوبت نان را به تأخیر می‌اندازد. هم‌چنین، در اثر واکنش میلارد بین پروتئین‌های شیر خشک و لاکتوز موجود در آن، باعث بهبود رنگ سطح نان گشته، عطر و بوی آن را نیز بهبود می‌بخشد.

پودر آب پنیر دارای مقدار زیادی لاکتوز (٦٥-٨٨ درصد) و پروتئین (۱-۱۷ درصد) است؛ بنابراین منبع ارزشمندی از مواد مغذی است. هم‌چنین، می‌تواند عامل مهمی در افزایش آب در نان بوده، در نتیجه باعث تردی و تأخیر بیاتی نان شده و رنگ طلایی خوش‌رنگی به نان بدهد (۲۷ و ۳۰).

هدف این پژوهش بررسی تأثیر مقادیر مختلف پودر آب پنیر بر میزان بیاتی، رنگ، طعم و بافت نان سنگک است. بدین منظور اثر پودر آب پنیر به میزان صفر تا پنج درصد بر خواص رئولوژیک خمیر نان سنگک، با استفاده از روش‌های فارینوگرافی، آمیلوگرافی، اکستنسوگرافی و فرمنتوگرافی بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

آرد مورد نیاز این پژوهش از یکی از کارخانه‌های آرد والسی شیراز تهیه گردید و درصد استخراج آن ٨٦/٥ درصد بود. برخی از ویژگی‌های دیگر این آرد که ارزیابی گردید عبارت بود از: رطوبت ۱۲/۳۳ درصد، پروتئین ۱۰/۸۱، خاکستر ۰/۸۳ درصد، چربی ۱/۲۲ درصد، فیبر ۰/۷۳ درصد، گلوتن خشک ٥/٤٧ درصد و گلوتن مرطوب ۱۷/۳۵ درصد. پودر آب پنیر از یکی از کارخانه‌های فراورده‌های لبنی شیراز تهیه شد، که میزان پروتئین آن ۹/۹۸ درصد، مقدار خاکستر آن ٦/٣٢ درصد و میزان لاکتوز آن ۷۸/۵۵ درصد بود.

برای پخت نان، نخست از آمیختن سه کیلوگرم آرد، ٤٥ گرم نمک، ۲۷۰۰ گرم آب، و بسته به تیمار مورد نظر (صفر، ۲، ۳، ٤ و ٥ درصد پودر آب پنیر)، به ترتیب از صفر، ٦١/٢، ۹۲/۷، ۱۲٤/۸ و ۱۵۷/۵ گرم پودر آب پنیر خمیر تهیه شد. به هر خمیر به میزان ۲۰ درصد خمیر ترش روز قبل اضافه گردید، و پس از مخلوط کردن به مدت دو ساعت در دمای اتاق استراحت داده شد. سپس به روش معمول در نانوایی‌های سنگکی نان پخته شد (۸). پس از سرد شدن نان‌ها، از هر تیمار ۹ نان انتخاب شد، که سه نان در پلاستیک در یخچال (حدود ٤°C) و سه نان در پلاستیک در دمای اتاق (حدود ۲۵°C)، همگی به مدت ٣٦ ساعت نگهداری شدند، زیرا واکنش‌های بیاتی در ٣٦ ساعت پس از پخت کامل می‌شوند (۳). سه نان از هر یک از تیمارها نیز برای آزمون‌های شیمیایی اختصاص یافت.

پس از پایان نگهداری در دماهای مذکور، ارزیابی بیاتی، رنگ، طعم و بافت نان‌های حاوی مقادیر مختلف پودر آب پنیر توسط اعضای آموزش دیده گروه چشایی، متشکل از ۱۲ نفر دانشجوی انتخاب شده، بر اساس آزمون آستانه چشایی، و با استفاده از سیستم امتیازدهی پنج مرتبه‌ای (در مورد بیاتی، بافت و رنگ) و سیستم امتیازدهی سه مرتبه‌ای (برای طعم) انجام شد. برای این کار، نخست نمونه‌هایی از نان سنگک به طور تصادفی با شماره‌های سه رقمی کدگذاری، و ۱۰ سانتی‌متر از سر و ته نان‌ها زده شد، و به طور تصادفی به همراه فرم‌های ارزیابی بیاتی، رنگ، طعم و بافت در اختیار گروه چشایی قرار گرفت. سپس از آنها خواسته شد با توجه به آموزش‌های تئوری و عملی نمونه‌ها را ارزیابی و در فرم‌های مربوطه برابر دستورالعمل علامت‌گذاری نمایند (۳۲).

مقدار پروتئین (٥)، خاکستر، رطوبت و چربی (٤) نان‌ها نیز در سه تکرار تعیین شد. برای بررسی خواص رئولوژیک خمیر نیز نخست آرد نان سنگک با ۲-٥ درصد پودر آب پنیر مخلوط (تیمارهای ۲ تا ٥)، و آرد بدون پودر آب پنیر نیز به عنوان نمونه شاهد (تیمار ۱) در نظر گرفته شد. برای سنجش خواص فارینوگرافی از فارینوگراف برابندر با ظرف ٥٠ گرمی، به منظور



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

ارزیابی خواص آمیلوگرافی از آمیلوگراف برابندر، برای اندازه‌گیری خواص اکستنسوگرافی از دو دستگاه اکستنسوگراف برابندر و فارینوگراف برابندر با ظرف ۳۰۰ گرمی، و برای تعیین خواص فرمنتوگرافی از فرمنتوگراف SJA سوئدی مدل ٤٥١ استفاده شد (۱۱). برای این منظور ۱٤۰ گرم آرد بر مبنای ۱٤ درصد رطوبت وزن، و در آون ۳۵°C گذاشته شد تا به دمای مورد نظر برسد. سپس آرد در مخلوط کن ریخته شد و یک گرم مخمر نانوایی (تولید کارخانه ایران ملاس) به آن افزوده و به مدت یک دقیقه برای رسیدن به دمای ۳۵°C مخلوط گردید. در پایان، ۸۰ میلی‌لیتر مخلوط حاوی ٤۰ گرم شکر و ۲/۵ گرم نمک در یک لیتر آب مقطر با دمای ۳۵°C به آرد اضافه شد. سپس برابر دستورالعمل دستگاه، پس از یک ساعت و دو ساعت حجم خمیر تعیین گردید.

در تمام بررسی‌های آماری برنامه کامپیوتری MSTATC به کار رفت. نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی و کیفی نان‌ها با استفاده از آنالیز واریانس تحلیل، و برای تعیین اختلاف میان نان‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید (۳۲).

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی نان سنگک در جدول ۱ آمده است. چنان که دیده می‌شود درصد رطوبت در تمام آنها یکسان، ولی درصد خاکستر، پروتئین و چربی با افزایش درصد پودر آب پنیر افزایش یافته است.

نتایج ارزیابی کیفی بیاتی، رنگ و طعم و بافت نان‌های دارای پودر آب پنیر نگهداری شده در دمای اتاق یا دمای یخچال در جدول ۲ آورده شده است. در نمونه‌های نگهداری شده در دمای اتاق، با افزودن پودر آب پنیر تا دو درصد، تفاوتی در کاهش بیاتی ایجاد نشده، ولی در تیمار شماره ۳ بیاتی کاهش پیدا کرده است. از تیمار شماره ۳ به بعد بیاتی بیشتر است، که احتمالاً به خاطر خاصیت اسمزی لاکتوز (بیش از حد در محیط) و افزایش گروه‌های سولفیدریل (SH-) ناشی از پروتئین بتا لاکتوگلوبولین پودر آب پنیر می‌باشد، که در نتیجه بافت گلوتن متلاشی شده و باعث می‌شود از تیمار شماره ۳ به بعد بیاتی نان بیشتر مشهود باشد (۸ و ۲۲). این نتایج با گزارش چوماچنکو و همکاران (۱۳، ۱٤ و ۱۵) هم‌خوانی دارد.

هم‌چنین دیده می‌شود که به موازات افزایش میزان پودر آب پنیر رنگ نان بهتر شده، به طوری که کمترین امتیاز را نان شاهد و بیشترین امتیاز را تیمار شماره ۵ آورده است، که به خاطر افزایش میزان لاکتوز در نان واکنش میلارد بیشتر انجام شده و رنگ نان بیشتر طلایی شده است (۲۲). این نتایج نیز با نتایج دیگران (۲۲، ۲٦ و ۲۹) هم‌خوانی دارد.

با افزایش مقدار پودر آب پنیر در نان نگهداری شده در دمای اتاق، بافت آن بهتر شده است، که احتمالاً به خاطر اثر تردکنندگی لاکتوز است. از تیمار شماره ٤ به بعد کاهش امتیاز یا تنزل بافت به وجود آمده، که احتمالاً به علت خاصیت اسمزی لاکتوز بیش از حد در محیط است، که باعث می‌شود بافت کمی حالت خمیری به خود بگیرد (۲۲).

از جدول ۲ چنین بر می‌آید که با افزایش میزان پودر آب پنیر در نان تغییری در طعم نان‌های نگهداری شده در دمای اتاق ایجاد نمی‌شود، که شاید این امر به خاطر شیرینی بسیار کم لاکتوز (٦/۲۵ برابر کمتر از سوکروز) و عدم تفاوت طعم پودر آب پنیر با شیر خشک باشد.

مقایسه نتایج ارزیابی بیاتی نان‌های نگهداری شده در دمای یخچال (جدول ۲) نشان می‌دهد که با وجود اختلاف بسیار کم نمرهٔ تیمارها، تیمار شماره ۳ بیشترین رتبه را به خود اختصاص داده، و کمترین رتبه مربوط به تیمار شماره ۵ است، که احتمالاً به سبب بیش از حد بودن لاکتوز و خاصیت اسمزی این قند است. در نتیجه بافت نان وقتی بیش از سه درصد پودر آب پنیر داشته باشد، در گلوتن آن اثر نامطلوب ایجاد شده و باعث بیاتی آن می‌گردد. از مقایسه نتایج جدول ۲ بر می‌آید که رتبه تیمار شماره ۱ در یخچال بدتر شده، رتبه تیمار شماره ۲ تغییری ننموده، و از تیمار شماره ۳ به بعد دمای یخچال باعث افزایش بیاتی گردیده است.

هم‌چنین، نتایج ارزیابی رنگ نان‌های نگهداری شده در



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

**جدول ۱. درصد رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی تیمارهای نان سنگک**

| نوع آزمایش | شماره تیمار* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ |
| رطوبت | **۳۷/۹۰ | ۳۸/۲۰ | ۳۸/۳۰ | ۳۸/۲۰ | ۳۸/۳۰ |
| خاکستر | ۲/٤۳ c | ۲/۹۰ b | ۳/۱۰ ab | ۳/۱۰ ab | ۳/۳۰ a |
| پروتئین | ۹/۸٦ c | ۱۰/٤۳ d | ۱۰/٦۷ c | ۱۱/۰۹ b | ۱۱/۲٦ a |
| چربی | ۱/۰۸ c | ۱/۱٥ b | ۱/۲۰ ab | ۱/۲۰ ab | ۱/۲۳ a |

* تیمار شماره ۱ شاهد و تیمارهای شماره ۲ تا ٥ به ترتیب دارای ۲ تا ٥ درصد پودر آب پنیر هستند.

** اعداد میانگین سه تکرار هستند، و حروف متفاوت نشانه معنی‌دار بودن اختلاف در سطح پنج درصد می‌باشد.

**جدول ۲. ارزیابی بیاتی، رنگ، بافت و طعم نان‌های سنگک با مقادیر مختلف پودر آب پنیر نگ‌هداری شده در دمای یخچال (حدود چهار درجه سانتی‌گراد) یا دمای اتاق (۲٥ درجه سانتی‌گراد)**

| نوع تیمار / ویژگی‌های مورد ارزیابی | ۱ | | ۲ | | ۳ | | ٤ | | ٥ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | یخچال | اتاق | یخچال | اتاق | یخچال | اتاق | یخچال | اتاق | یخچال | اتاق |
| بیاتی | ۱/۹۱ b* | ۱/۹٥ B* | ۲/۱٦ ab | ۲/۱٦ B | ۲/۳۳ a | ۲/٥۸ A | ۲/۱٦ ab | ۲/۲۸ AB | ۱/۹۱ b | ۱/۹۹ B |
| رنگ | ۱/۲٤ d | ۱/۲۰ E | ۱/۷۹ cd | ۱/۷۸ D | ۲/۳۷ bc | ۲/٤۹ C | ۲/۸۷ ab | ۲/۹۹ B | ۳/٤۱ a | ۳/۹٥ A |
| بافت | ۲/۲۰ ns | ۲/۲۰ CD | ۲/۲٤ | ۲/۳۷ AB | ۲/۲۹ | ۲/٤٥ A | ۲/۳۳ | ۲/۲۹ BC | ۲/۱۲ | ۲/۱۲ D |
| طعم | ۲/۸۷ ns | ۲/۸۳ NS | ۲/۹۹ | ۲/۷۸ | ۲/۹۱ | ۲/۸۳ | ۲/۹۱ | ۲/۹٥ | ۲/٤۹ | ۲/۸۷ |

* حروف متفاوت (کوچک یا بزرگ) در هر ردیف نشانه وجود اختلاف در سطح ٥٪ بین تیمارها می‌باشد.

ns : تیمارهای مربوط به نگهداری در دمای یخچال در سطح پنج درصد با هم تفاوتی ندارند.

NS : تیمارهای مربوط به نگهداری در دمای اتاق در سطح پنج درصد با هم تفاوتی ندارند.

دمای یخچال نشان می‌دهد که با افزایش میزان پودر آب پنیر رنگ نان طلایی‌تر شده، و به طور معنی‌داری از تیمار شماره ۱ به ٥ افزایش پیدا کرده است، به طوری که بیشترین رتبه را از لحاظ رنگ تیمار شماره ٥، و کمترین امتیاز را تیمار شماره ۱ دارد. این امر احتمالاً به خاطر افزایش میزان لاکتوز (موازی با افزایش مقدار پودر آب پنیر در نان) است. در نتیجه واکنش میلارد نیز بیشتر صورت گرفته و رنگ نان طلایی‌تر شده است (۲۲). از مقایسه نتایج مربوط به نان‌های نگهداری شده در دمای اتاق یا دمای یخچال مشخص می‌شود که در تیمارهای شماره ۱ و ۲ رنگ نان در یخچال بهتر بوده، و از تیمار شماره ۳ به بعد رنگ نان‌های نگهداری شده در دمای اتاق از آنهایی که در یخچال بوده‌اند بهتر است.

نتایج ارزیابی بافت نان‌های نگهداری شده در دمای یخچال، که توسط اعضای گروه چشایی صورت گرفت، نشان می‌دهد که با وجود تفاوت‌های ظاهری که در اعداد جدول به چشم می‌خورد از لحاظ آماری در سطح ٥٪ با هم اختلافی ندارند. علت این امر احتمالاً دمای یخچال است، یعنی آن قدر بیاتی در یخچال سریع اتفاق می‌افتد که پودر آب پنیر نمی‌تواند تفاوتی بین تیمارها ایجاد کند.

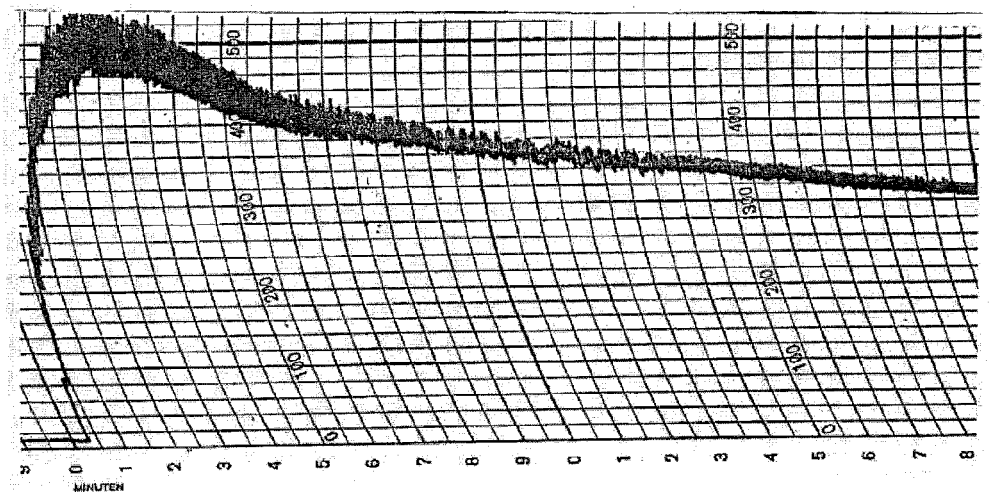
نتایج ارزیابی طعم نان‌های نگهداری شده در یخچال نشان می‌دهد که همانند نان‌های نگهداری شده در دمای اتاق، از لحاظ آماری اختلافی در سطح ٥٪ بین تیمارها دیده نمی‌شود.

نتایج فارینوگرافی حاصله از تیمارهای مختلف آرد مخلوط با پودر آب پنیر در شکل‌های ۱ تا ۳ و جدول ۳ آمده است. از

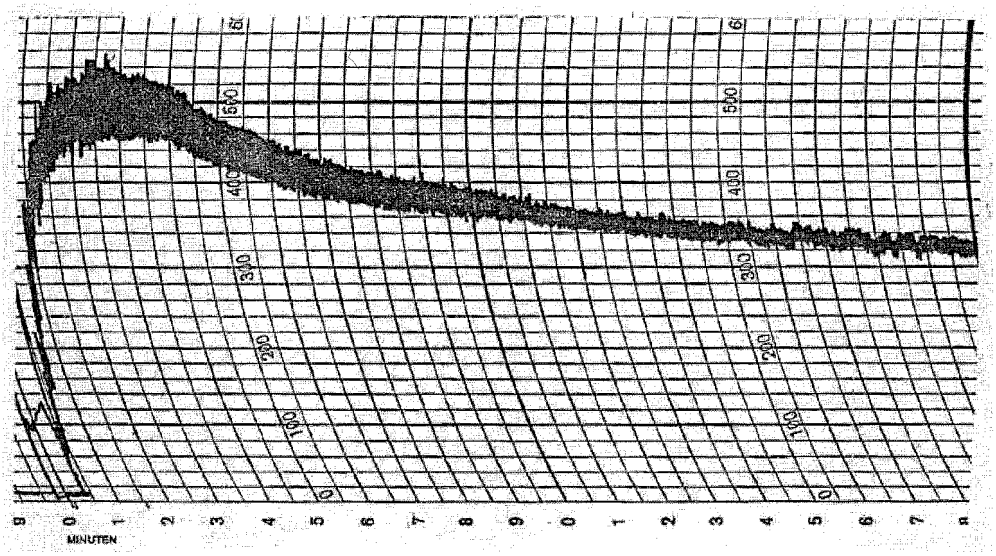


[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

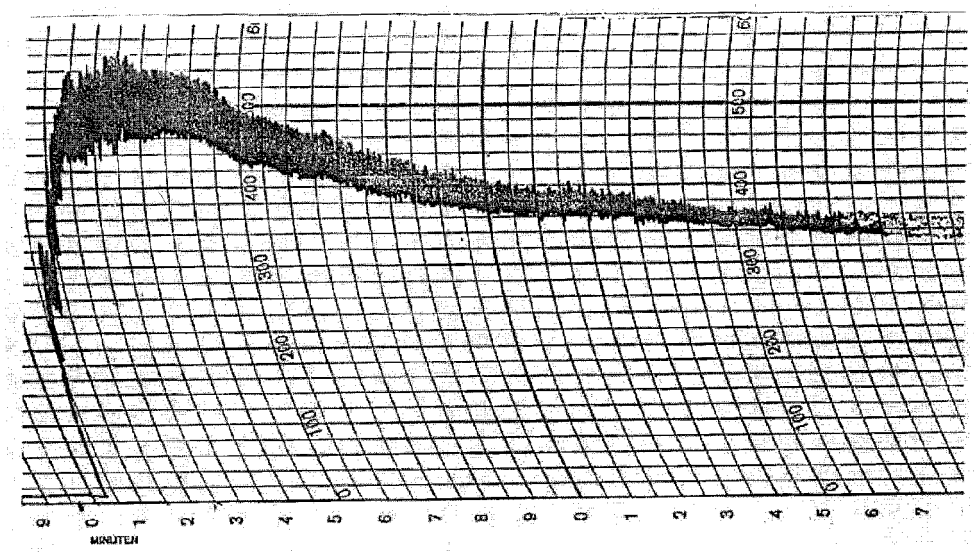
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]




شکل ۱. فارینوگرام آرد بدون پودر آب پنیر (شاهد)




شکل ۲. فارینوگرام آرد دارای سه درصد پودر آب پنیر




شکل ۳. فارینوگرام آرد دارای پنج درصد پودر آب پنیر



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

**جدول ۳. تأثیر مقادیر مختلف پودر آب پنیر بر پارامترهای فارینوگرافی**

| ویژگی‌های مورد ارزیابی / شماره تیمار | زمان رسیدن منحنی به خط ۵۰۰ برابندر (دقیقه) | زمان رسیدن منحنی به نقطه فراز (دقیقه) | زمان خروج از خط ۵۰۰ (دقیقه) | زمان مقاومت خمیر (دقیقه) | ضریب تحمل مکانیکی (برابندر) | درجه نرم شدن پس از ۱۰ دقیقه (برابندر) | درجه نرم شدن پس از ۲۰ دقیقه (برابندر) | زمان شکست منحنی (دقیقه) | عدد والریمتری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱/۳ | ۲/۳ | ٤ | ۲/۵ | ۱۳۰ | ۱۳۰ | ۱۹۰ | ۳/۰ | ۳٦ |
| ۲ | ۱/۵ | ۲/۵ | ٤/۳ | ۲/۵ | ۱۳۰ | ۱۳۰ | ۱۸۰ | ۳/۵ | ۳۷ |
| ۳ | ۱/٦ | ۲/٦ | ٤/۵ | ۲/۹ | ۱۳۰ | ۱۲۰ | ۱۸۰ | ۳/٦ | ۳۷ |
| ٤ | ۱/۷ | ۲/۷ | ٤/۷ | ۳/۰ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۱۷۰ | ۳/۹ | ۳۸ |
| ۵ | ۱/۸ | ۲/۸ | ٤/۹ | ٤/۰ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۱٦۰ | ٤/۰ | ۳۹ |

این جدول چنین بر می‌آید که با افزودن پودر آب پنیر به آرد، خواص فارینوگرافی بهبود می‌یابد. به سخن دیگر، با افزایش درصد پودر آب پنیر، مقاومت خمیر و نیز زمان افت خمیر (خروج از خط ۵۰۰ برابندر) افزایش می‌یابد. در تیمار شماره ۵ به طور ویژه زمان مقاومت خمیر افزایش خوبی داشته است. هم‌چنین، در جدول ۳ دیده می‌شود با افزایش پودر آب پنیر به آرد تا سه درصد، ضریب تحمل آمیختن و درجه نرم شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه تغییری نکرده، و از تیمار شماره ٤ به بعد تغییرات آشکار شده است. عدد والریمتری آرد نیز با افزودن پودر آب پنیر افزایش می‌یابد.

در پیوندهای درون مولکولی، بین مولکولی، واندروالس و غیره در پروتئین‌های گندم (که بیشتر آنها را گلوتن تشکیل می‌دهد) پیوندهای دی‌سولفید (S-S) مهم‌ترین نقش را در استحکام ساختمان خمیر و شبکه گلوتن دارند (۱۹). تبدیل گروه‌های سولفیدریل به دی‌سولفید یا بالعکس توسط مقدار کمی از گروه‌های سولفیدریل کاتالیز می‌شود (۳۱). ترکیب اصلی پروتئین آب پنیر، بتا لاکتوگلوبولین است، که منبع اصلی گروه‌های سولفیدریل در شیر است. از سویی، ثابت شده است که اکسیژن باعث بهبود پروتئین‌های آرد می‌شود (۱۸ و ۱۹). احتمالاً هنگام آمیختن خمیر، در نتیجه وجود گروه‌های سولفیدریل پروتئین پودر آب پنیر و وارد شدن اکسیژن هوا به داخل خمیر، گروه‌های سولفیدریل تبدیل به دی‌سولفید شده، باعث افزایش قدرت و قوام خمیر می‌گردند (۱۷، ۲۸ و ۳۱). با توجه به مطالب فوق، ملاحظه می‌شود که با افزایش پروتئین آرد (ناشی از پودر آب پنیر) خمیر مرتباً قوی‌تر شده و بهبود می‌یابد. در نتیجه زمان‌های مختلف موجود در منحنی فارینوگرام افزایش یافته و افت بین قسمت‌های مختلف منحنی کاهش می‌یابد.

در پی اندازه‌گیری خواص آمیلوگرافی آرد در تیمارهای مختلف و نمونه شاهد، که نتایج آن در جدول ٤ آمده، دیده می‌شود که با افزایش مقدار پودر آب پنیر در آرد، میزان ویسکوزیته سوسپانسیون آرد در آب (بر حسب واحد برابندر) افزایش می‌یابد، به طوری که کمترین ویسکوزیته مربوط به تیمار شماره ۱، و بیشترین ویسکوزیته از آن تیمار شماره ۵ است. مقدار پروتئین نان نیز با افزایش پودر آب پنیر در آرد زیاد شده است. از آن جا که پروتئین جاذب مولکول‌های آب است، میزان آب آزاد را در محیط کاهش داده و باعث افزایش ویسکوزیته شده است. به همین دلیل، با افزایش پودر آب پنیر در آرد، ویسکوزیته سوسپانسیون آرد در آب نیز افزایش پیدا کرده است (۲۰).

منحنی اکستنسوگرافی آردهای مخلوط با مقادیر مختلف پودر آب پنیر و نمونه شاهد پس از استراحت در زمان‌های ٤۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه توسط دستگاه اکستنسوگراف برابندر رسم شد، که نتایج آن در جدول ۵ گزارش شده است. دیده می‌شود که در هر سه زمان استراحت خمیر، کمترین کشش‌پذیری مربوط به نمونه آرد شاهد، و بیشترین کشش‌پذیری مربوط به تیمار شماره



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

**جدول ٤. اثر مقادیر مختلف پودر آب پنیر بر ویسکوزیته خمیر (واحد برابندر)**

| ویژگی مورد آزمایش | شماره تیمار* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ۵ |
| ویسکوزیته | ۱۳۷۵**c | ۱٤۱۰b | ۱٤۱۵b | ۱٤٦۰a | ۱٤۷۰a |

* تیمار شماره ۱ شاهد است، و تیمارهای ۲ تا ۵ به ترتیب دارای ۲ تا ۵ درصد پودر آب پنیر هستند.

** اعداد میانگین دو تکرار هستند، و حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف در سطح پنج درصد بین تیمارها می‌باشد.

**جدول ۵. رابطه مقادیر مختلف پودر آب پنیر با متغیرهای اکستنسوگرافی**

| متغیرهای اندازه‌گیری شده | زمان استراحت (دقیقه) | شماره تیمار | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ۵ |
| کشش‌پذیری خمیر[۱] | ٤۵ | ۱۲٤ | ۱۳۱ | ۱۳٦ | ۱٤۲ | ۱۳۸ |
| | ۹۰ | ۱۰۷ | ۱۳۰ | ۱۳۱ | ۱۳۷ | ۱۳۰ |
| | ۱۳۵ | ۹۲ | ۱۲۱ | ۱۳٦ | ۱۳٦ | ۱۲۸ |
| مقاومت در برابر کشش خمیر[۲] | ٤۵ | ۱٦۵ | ۱۹۰ | ۲۳۵ | ۲۵۰ | ۳۰۰ |
| | ۹۰ | ۱۲۸ | ۱٦۸ | ۲۱۸ | ۲۳۰ | ۲۸۵ |
| | ۱۳۵ | ۱۲۰ | ۱۳۵ | ۱۹۰ | ۲۰۵ | ۲۵۵ |
| حداکثر مقاومت در برابر کشش خمیر[۳] | ٤۵ | ۱۷۵ | ۱۹۵ | ۲۳۵ | ۲۵۰ | ۳۰۰ |
| | ۹۰ | ۱٤۵ | ۱۷۵ | ۲۲۰ | ۲۳۰ | ۲۸۵ |
| | ۱۳۵ | ۱۳۵ | ۱۵۵ | ۱۹۰ | ۲۱۰ | ۲۵۵ |
| انرژی خمیر[٤] | ٤۵ | ۳۰ | ۳٦ | ۵۰ | ۵۲ | ٦۳ |
| | ۹۰ | ۲۰ | ۳۱ | ٤۱ | ٤٦ | ۵۳ |
| | ۱۳۵ | ۱٦ | ۲۵ | ۳۵ | ٤۲ | ٤٦ |

۱. واحد کشش‌پذیری میلی‌متر است.

۲ و ۳. واحد مقاومت در برابر کشش و حداکثر مقاومت در برابر کشش برابندر است.

٤. واحد انرژی خمیر سانتی‌متر مربع است.

٤ است، و پس از آن، در سه زمان استراحت خمیر، کشش‌پذیری کاهش یافته است. هم‌چنین، کمترین مقدار مقاومت نسبت به کشش مربوط به نمونه شاهد، و بیشترین مقاومت مربوط به تیمار شماره ۵ است. یعنی با افزایش پودر آب پنیر در آرد مقدار مقاومت در برابر کشش در هر سه زمان استراحت خمیر افزایش یافته و در تیمار شماره ۵ به بیشترین مقدار خود رسیده است.

در جدول ۵ دیده می‌شود که در سه زمان استراحت خمیر پارامتر حداکثر پایداری در برابر کشش از تیمار شماره ۱ به ۵ افزایش می‌یابد. به سخن دیگر، با افزایش مقدار پودر آب پنیر در آرد، بیشترین پایداری نسبت به کشش خمیر افزایش یافته و در تیمار شماره ۵ در هر سه زمان استراحت خمیر به حداکثر خود رسیده است.

کمترین انرژی خمیر نیز در سه زمان استراحت مربوط به تیمار شماره ۱ و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار شماره ۵ است. بدین معنی که هرچه میزان پودر آب پنیر در آرد افزایش پیدا می‌کند انرژی مورد نیاز برای کشش خمیر نیز بیشتر می‌شود.



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

جدول ٦. اثر مقادیر مختلف پودر آب پنیر بر تغییر حجم خمیر (سانتی‌متر مکعب)

| ویژگی مورد آزمایش | شماره تیمار* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ |
| افزایش حجم | ٢٦٨٠** | ٢٧٠٠ | ٢٧١٠ | ٢٦٩٠ | ٢٦٤٠ |

* تیمار شماره ١ شاهد است، و تیمارهای ٢ تا ٥ به ترتیب دارای ٢ تا ٥ درصد پودر آب پنیر هستند.
** اعداد میانگین دو تکرار هستند.

با آزمایش اکستنسوگرافی توانایی نگهداری گاز، تحمل خمیر در برابر تخمیر و حجم نان مشخص می‌شود. در زمان استراحت خمیر گروه‌های SH که توسط پودر آب پنیر تأمین شده‌اند، در نبود اکسیژن، منجر به احیا کردن پیوندهای دی‌سولفید گلوتن و افزایش کشش‌پذیری خمیر می‌شوند، که این افزایش تا تیمار شماره ٤ در هر سه زمان استراحت خمیر مشهود بوده و از تیمار شماره ٤ به بعد کشش‌پذیری کاهش یافته است. از سویی، افزایش مصرف مواد احیا کننده باعث متلاشی شدن ساختار گلوتن می‌شود (٨). احتمالاً به همین دلیل، و به دلیل به هم خوردن تعادل میان گروه‌های سولفیدریل و دی‌سولفید، در خمیر تیمار شماره ٤ به بعد کشش‌پذیری گلوتن ضعیف شده است.

همان گونه که از مقایسه مقاومت نسبت به کشش و حداکثر مقاومت نسبت به کشش بر می‌آید، از تیمار شماره ٣ به بعد مقادیر مقاومت در برابر کشش با حداکثر مقاومت در برابر کشش یکسان می‌شود. به همین دلیل، و به علت کاهش کشش‌پذیری که از تیمار شماره ٤ به بعد آشکار است، از لحاظ خواص اکستنسوگرافی، میزان مطلوب استفاده از پودر آب پنیر در نان سه درصد توصیه می‌شود.

خواص فرمنتوگرافی آرد در تیمارهای مختلف آمیختن با پودر آب پنیر و نمونه شاهد توسط فرمنتوگراف اندازه‌گیری شد، که نتایج حاصل در جدول ٦ آمده است. با ملاحظه این جدول پیداست که به موازات افزایش میزان پودر آب پنیر در خمیر، تا تیمار شماره ٣ افزایش حجم ایجاد می‌شود، و از آن به بعد حجم خمیر کاهش می‌یابد، به طوری که حجم تیمار شماره ٥ حتی از حجم نمونه شاهد نیز کمتر می‌شود. چنان که در بخش مربوط به اکستنسوگرافی گفته شد، با افزایش گروه‌های سولفیدریل در آرد، پیوندهای دی‌سولفید احیا شده و کشش‌پذیری خمیر بیشتر می‌گردد (١٨ و ١٩)، و با افزایش بیش از حد آن (بیشتر از سه درصد) کشش‌پذیری خمیر کم می‌شود. از سویی، لاکتوز باعث افزایش حجم خمیر شده، و از تیمار شماره ٣ به بعد به خاطر خاصیت اسمزی خود باعث کاهش حجم شده است. هم‌چنین، واکنش میلارد، که انرژی فعال‌سازی کمی می‌خواهد، تولید دی‌اکسید کربن کرده، که می‌تواند سهمی هرچند ناچیز در افزایش حجم خمیر داشته باشد (٢٢).

## نتیجه‌گیری

١. با افزودن سه درصد پودر آب پنیر به آرد نان سنگک کاهش چشم‌گیری در بیاتی آن ایجاد می‌شود.
٢. پودر آب پنیر باعث طلایی و خوش‌رنگ شدن نان سنگک می‌شود.
٣. کلیه پارامترهای فارینوگرافی با افزودن پودر آب پنیر به آرد بهبود می‌یابد.
٤. افزودن پودر آب پنیر به آرد باعث افزایش ویسکوزیته خمیر می‌شود.
٥. با افزودن پودر آب پنیر به آرد، کشش‌پذیری خمیر افزایش می‌یابد.
٦. بهترین نتیجه از لحاظ افزایش حجم خمیر، با افزودن سه درصد پودر آب پنیر به آرد حاصل می‌شود.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای دکتر حبیب‌الله معاون شهیدی استادیار



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

محترم گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به خاطر راهنمایی‌ها و نظریات ارزشمندشان در حین اجرای این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع مورد استفاده


۱. اربای، ا. ۱۳۷٤. *تکنولوژی شیر و فراورده‌های لبنی* (ترجمه ع. مرتضوی، م. قدس روحانی و ح. جوینده). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. بهنیا، م. ر. ۱۳۷٦. *غلات سردسیری*. انتشارات دانشگاه تهران.

۳. پایان، ر. ۱۳۷۷. *مقدمه‌ای بر تکنولوژی فراورده‌های غلات*. انتشارات نوپردازان، تهران.

٤. پروانه، و. ۱۳۷۱. *کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه تهران.

۵. حسینی، ز. ۱۳۷۳. *روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه شیراز.

٦. خادمی، ا. ۱۳۷۷. از بیات شدن نان و افزایش ضایعات آن چگونه جلوگیری کنیم. مجله کشاورز ۲۲٤: ۷٤-۷٦.

۷. خامسان، ع. ۱۳٦۸. بررسی ترکیب شیمیایی آب پنیر و تولید نوشیدنی تخمیری از آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۸. رجب‌زاده، ن. ۱۳۷۲. *تکنولوژی نان*. انتشارات دانشگاه تهران.

۹. کلانتری، ع. ۱۳۷۳. منابع غذایی و افزایش جمعیت، ضرورت رشد هماهنگ. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه ۲(٦): ٦-۱۵.

۱۰. کنت، ان. ۱۳۷۳. *تکنولوژی غلات* (ترجمه ن. آراسته). معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.

11. American Association of Cereal Chemists. 1984. Approved Methods of AACC. Methods: 44-19, 54-10, 54-21, 74-30, 82-23. The Association: St. Paul, Minn., USA.

12. Barnes, F. G., D. R. Shenkenberg and E. J. Guy. 1973. Factors affecting the mixing requirements of a sour dough bread made with acid whey: effects of lactose, pH and salt as measured by the farinograph. Baker's Digest (Jun.): 16-18.

13. Chumachenco, N. A. 1974. The effect of dried whey on the quality of semiproducts and bread. Dairy Sci. (Abst.) 36(9): 450.

14. Chumachenko, N. A., A. P. Demchuk and I. M. Roiter. 1975. Improving nutritional value of bread by addition of dried whey. Dairy Sci. (Abst.) 37(3): 115.

15. Chumachenko, N. A., A. P. Demchuk and I. M. Roiter. 1975. Use of dried whey in production of bread from flour of the first quality. Dairy Sci. (Abst.) 37(6): 311.

16. D'Appolonia, B. L. 1972. Effect of bread ingredients on starch properties as measured by the amylograph. Cereal Chem. 49(5): 532-534.

17. DeMan, J. M. 1990. Principles of Food Chemistry. Chapman and Hall Publ. Co., London.

18. Fischer, F. 1985. Oxidation and reduction. Baker's Digest (May): 22.

19. Gelinas, P., J. Audet, O. Lachance and M. Vachon. 1995. Fermented dairy ingredients for bread: effects on dough rheology and bread characteristics. Cereal Chem. 72(2): 151-154.

20. Guy, E. J. 1978. Dried cottage cheese whey: review of its composition and use in bakery products. Baker's Digest (Oct.): 10-16.

21. Haber, T. and T. Jakubczyk. 1973. Effect of dried whey on some organoleptic and nutritive properties of bread. Dairy Sci. (Abst.) 35(7): 248.

22. Holmes, D. G. and J. Lopes. 1977. Lactose in bakery products. Baker's Digest (Feb.): 21-27.




[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]

23. Hugunin, A. G. 1980. Whey. An opportunity for the baking. Baker's Digest (Aug.): 8-14.
24. Kim, S. K. and B. L. D'Appolonia. 1977. The role of wheat flour constituent in bread staling. Baker's Digest (Feb.): 38-43.
25. Kulp, K. and J. G. Ponte. 1981. Staling of white pan bread: fundamental causes. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 15(1): 1-48.
26. Maleki, M., R. C. Hoseney and P. J. Mattern. 1980. Effect of loaf volume, moisture content and protein content on the softness and staling rate of bread. Cereal Chem. 57(2): 138-140.
27. Matz, S. A. 1972. Bakery Technology and Engineering. The AVI Publ. Co., USA.
28. Pomeranz, Y. 1968. Oxidative requirements of wheat flour. Baker's Digest (Jun.): 30-34.
29. Swortfiguer, M. J. 1971. Improving the shelf life of bread. Baker's Digest (Oct.): 46-50.
30. Tessler, D. K. and W. J. Sultan. 1975. Food Products Formulary. Vol. 2. The AVI Publ. Co., Inc., USA.
31. Wall, J. S. 1971. Disulfide bonds: determination, location and influence on molecular properties of proteins. J. Agric. Food Chem. 19(4): 619-625.
32. Watts, B. M., G. L. Ylimaki, L. E. Jeffery and L. G. Elias. 1989. Basic Sensory Methods for Food Evaluation. The International Development Research Center, Ottawa, Canada.

[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.14.3 ]