بررسی روند تغییرات دما و رطوبت در فرآیند پخت کیفی نان بربری در تنور الکتریکی

اسداله اکرم، تیمور توکلی هشجین و پرویز ایرانی

به ترتیب دانشجوی سابق دوره دکتری رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس،

دانشیار مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و

استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ پذیرش مقاله ۷۷/۷/۸

خلاصه

نان بربری از رایج‌ترین نانهای مسطح سنتی ایران است. برای پخت نان بربری مطلوب، مشخصات ارقامی از گندمها با استفاده از داده‌های دستگاه اندازه‌گیری مشخصات گندم به طور مقدماتی مورد بررسی قرار گرفتند. دو رقم گندم تجن گرگان و مهدوی کرج انتخاب شده، مقدار، کیفیت و الاستیسیته گلوتن گندم تعیین شد. برای اندازه‌گیری مقدار جذب آرد و زمان گسترش، مقاومت و پایداری خمیر، آزمایش فارینوگراف برای آرد این دو رقم گندم و مخلوط آنها به نسبت‌های مختلف انجام شد. خمیر آرد گندم براساس درصد وزنی آرد، متشکل از آرد ۱۰۰٪ (تجن و مهدوی به نسبت ۳ به ۱) آب ۶۸/۶٪، مخمر خشک فعال ۳٪ و نمک طعام ۱/۵٪ ورز داده و مدت ۴۰ دقیقه استراحت داده شد. چانه‌های خمیر نان پهن شده و شیارهایی در طول آن زده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در اتاقک تخمیر در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۵ درصد قرار گرفت. سپس بر روی آنها رومال زده شد و در تنور الکتریکی در دماهای مختلف ۲۱۵، ۲۳۰ و ۲۴۵ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمانهای متفاوت پخته شد. دمای قسمتهای مختلف تنور الکتریکی توسط ترموکوپلها و ترمومتر نوع K مجهز به مدار فرمان اندازه‌گیری و ثابت نگهداشته شد. نان مطلوب تحت شرایط دمای تنور ۲۳۰ درجه‌سانتی‌گراد و مدت زمان پخت ۲۴ دقیقه براساس آزمایشهای حسی و عینی از بین نمونه‌ها انتخاب شد. در این شرایط، تغییرات دما در پوسته رو، زیر و مغز نان نسبت به زمان توسط ترموکوپلها و ترمومتر نوع J اندازه‌گیری و نمودار آنها رسم شد و با یکدیگر مقایسه گردید. در همین شرایط، تغییرات کاهش رطوبت در فواصل زمانی معین در طول مدت پخت تعیین و نمودار آن رسم گردید. مقدار کاهش رطوبت نان حاصل از تنور الکتریکی با میزان کاهش وزن نان بربری پخته شده در تنورهای معمول مقایسه شد که تطبیق خوبی نشان می‌دهد.

واژه های کلیدی : دما ، رطوبت ، نان بربری و تنور الکتریکی

مقدمه

ارزش غذایی بسیار داشته و از اهمیت خاصی برخوردار نان مهمترین منبع تغذیه، قسمت عمده انرژی، پروتئین، دنی و ویتامینهای گروه «ب» موردنیاز روزانه مردم را تأمین می‌کند.

نانها به طور کلی در جهان به دو طبقه نانهای حجیم و مسطح تقسیم می‌شوند. نانهای مسطح احتمالاً قدیمی‌ترین، متنوع‌ترین و متداولترین محصولات غذایی در جهان هستند. این طبقه نانها در

انواع مختلف و با نامهای متفاوت در بسیاری از کشورهای سراسر دنیا تهیه و مورد استفاده قرار می‌گیرند، نانهای مسطح معمولاً به دو گروه یک و دو لایه پخته می‌شوند. اختلاف این دو گروه به مقطع عرضی و به دو روش عمل آوری آنها مربوط می‌گردد.

در نانهای مسطح یک لایه، چانه‌های خمیر بعد از پهن کردن فوراً و یا در دمای نسبتاً کم برای مدت زمان طولانی‌تر پخته می‌شوند. در صورتی که برای تولید نانهای مسطح دولایه به چانه‌های خمیر پهن شده، فرصت تخمیر داده می‌شود. مرحله تخمیر نهایی برای پوک کردن خمیر، تهویه و ایجاد یک پوسته نازک صورت می‌گیرد. در این رابطه، بخار حاصل از تبخیر آب، گاز کربنیک و دیگر مواد فرار که در حین تخمیر تشکیل شده‌اند نیروی لازم را برای جدا شدن پوسته‌های زیر و رو و دولایه شدن نان ایجاد می‌کند(۸).

فرآیند نانهای مسطح از نظر روش پهن کردن (به ۵ گروه)، مدت زمان فرآیند تهیه خمیر و پخت (از ۴۵ دقیقه به ۲/۵ تا ۳ ساعت)، ضخامت (از نازکی کاغذ به ۳ تا ۴ سانتی‌متر)، شکل (گرد، مستطیل و مثلثی) و وزن (از ۲۰ تا ۱۰۰۰ گرم) متفاوت هستند.

تخمین زده می‌شود که بیش از ۱/۸ بیلیون نفر از جمعیت سرتاسر دنیا از نانهای مسطح تغذیه می‌کنند. اگرچه نانهای مسطح شهرت جهانی دارند. تعداد منابع بسیار محدودی در دسترس هستند که پیرامون اجزاء تشکیل دهنده آنها، مراحل فرآیند، ارزیابی کیفی و مدت زمان ماندگاری محصولات نهایی بحث می‌کند(۸). در صورتی که کشورهای پیشرفته که از نانهای حجیم استفاده می‌کنند با عنایت به مصرف سرانه نان بسیار کمتر، مشکلی به نام مشکل نان ندارند لذا با استفاده از تکنولوژی و دانش فنی پیشرفته و تحقیقات علمی و فنی در تمام زمینه‌ها در مراکز تحقیقاتی بزرگ و متعدد به طور مستمر فعالیت می‌نمایند(۱).

نانهای مسطح رایج در ایران (بربری، سنگک، تافتون و لواش) از گروه نانهای مسطح یک لایه می‌باشند. برای تهیه این نوع نانها، اجزاء اصلی خمیر شامل آرد گندم، آب، نمک و مخمر بدون افزودنی در پاتیلهای بزرگ به روشهای مختلف و متناسب با نوع نان آماده می‌گردد.

چانه‌های خمیر این نوع نانها با وردنه یا با دست ابتدا تا حد معینی و سپس بر روی ساج یا پارو و یا در هنگام قرار دادن در تنور، آنها را تا حد نهایی پهن می‌کنند. در این صورت ضخامت خمیر نان در تمام سطوح یکنواخت نمی‌گردد. چانه خمیر پهن شده در تنور تحت تأثیر حرارت بسیار زیاد حاصل از شعله مستقیم آتش مشعلها واقع می‌شود که سبب توزیع نایکنواخت حرارت در آن می‌گردد. در فرآیند پخت نان قسمتی از نان سوخته، قسمتی از مغز پخته و قسمت دیگر به صورت خمیر باقی می‌ماند. در پخت نان به روش مستقیم شعله آتش، مواد سوختی و گازهای حاصل از احتراق، به طور مستقیم با خمیر نان برخورد می‌کند. سوخت ناقص مواد نفتی یا گازی و نشت آنها بر روی نان در درجه حرارت زیاد موجب تولید هیدروکربورهای آروماتیک مضر (مانند پیروبنزن که سرطانزا است) می‌شود که نان غیربهداشتی تهیه می‌گردد و در نتیجه علاوه بر مشکلات مذکور سبب ضایعات بیش از حد نان می‌شود. در حال حاضر مشکل اصلی و مهم تامین حدود ده میلیون تن نان با کیفیت خوب در کشور مطرح می‌باشد، که در سال ۱۳۸۰ این میزان به دوازده میلیون تن خواهد رسید (۱). جدول ۱ ابعاد و مشخصات نانهای سنتی ایران در مقایسه با نان حجیم را نشان می‌دهد(۲).

مواد و روشها

تهیه نان با کیفیت مطلوب، به گندمی قوی، سخت و دارای

جدول ۱ - کاهش وزن نان (کاهش رطوبت) در نانهای سنتی ایران در مقایسه با نان حجمی (۲)

نوع نان	فرم نان	اندازه نان	ضخامت	وزن چانه	وزن نان	کاهش وزن نان پس از پخت	
		سانتیمتر	میلیمتر	گرم	گرم	گرم	درصد
لواش	بیضی	۶۵×۳۵	۳-۱	۳۳۰	۲۱۰	۱۲۰	۳۶
تافتون	دایره	۴۵×۴۵	۶-۳	۲۹۰	۲۲۰	۷۰	۲۴
سنگک	مثلث	۸۰×۳۰	۸-۴	۷۰۰	۵۵۰	۱۵۰	۲۱
بربری	بیضی	۷۰×۲۵	۲۰-۱۵	۵۸۰	۴۵۰	۱۳۰	۲۱-۲۰
حجیم	تخم‌مرغی	۳۰×۱۵	۸۰	۶۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۲۰-۱۶

ارزش غذایی زیاد نیاز دارد. آرد هر یک از انواع نان بایستی دارای ویژگیهای خاصی باشد. برای تهیه آرد یکنواخت و با کیفیت مطلوب آرد گندمهای ضعیف با آرد گندمهای قوی‌تر مخلوط می‌گردد(۳) .

در این راستا، ارقام مختلف گندم به طور مقدماتی مورد بررسی قرار گرفت. از هر رقم به‌طور جداگانه مقداری گندم در آسیاب آزمایشگاهی[1] آرد شد سپس از هر نمونه آرد در حدود ۲۰ گرم در ظرف مخصوصی در دستگاه «اندازه‌گیری مشخصات گندم»[2] قرار گرفت و در مدت زمان ده ثانیه، درصد پروتئین، عدد زلنی، حجم نان، نسبت به ۱۰۰ گرم آرد، درصد رطوبت دانه، درصد جذب آب و شاخص سختی دانه تعیین شد. با مشخصات حاصل دو نمونه گندم جهت اختلاط و تهیه آرد مناسب برای نان بربری انتخاب شد.

برای تعیین مقدار گلوتن آرد گندمهای انتخابی به روش جداسازی به طریق مرطوب عمل شد. در این آزمایش با استفاده از ترازوی دقیق[3] مقدار ده گرم آرد گندم حاصل از آسیاب آرمایشگاهی، با دستگاه «گلوتن شوی»[4] به روش استاندارد با محلول تامپون شستشو داده شد. شستشو در دو مرحله در مدت زمانهای ۲ و ۳ دقیقه به ترتیب برای جداکردن نشاسته و سبوس از خمیر در صافیهای مختلف انجام شد، تا گلوتن (باقیمانده خمیر) به دست آمد. رطوبت گلوتن توسط دستگاه گریزازمرکز[5] با ۶۰۰۰ دور در دقیقه در مدت یک دقیقه اخذ شد و مقدار آن برحسب درصد از رابطه ۱ تعیین شد:

$$(۱) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{وزن کل گلوتن بر پایه رطوبت گندم ۱۴٪}}{\text{وزن آرد کامل گندم}} = \text{درصد گلوتن گندم}$$

در هنگام رطوبت‌گیری، قسمتی از گلوتن از توری ظرف مخصوص دستگاه گریز از مرکز عبور کرده با توزین دقیق آن، کیفیت گلوتن از رابطه ۲ به دست آمد:

$$(۲) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{وزن گلوتن زیر توری - وزن کل گلوتن}}{\text{وزن کل گلوتن}} = \text{کیفیت گلوتن}$$

شاخص کیفیت گلوتن در گستره ۶۵ تا ۹۵ قابل قبول است.

الاستیسیته گلوتن با کشیدن توده گلوتن با انگشتان دست تعیین شد در صورتی که توده گلوتن با دوازده سانتیمتر کشش، کمتر یا بیشتر از آن پاره شود، الاستیسیته گلوتن به ترتیب نرمال، خشک و یا شل می‌باشد.

گلوتن با استفاده از دستگاه گلوتن خشک کن[6] خشک شده و مقدار آن برحسب درصد از رابطه ۳ تعیین گردید:

$$(۳) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{وزن گلوتن خشک گندم}}{\text{وزن آرد کامل گندم}} = \text{درصد گلوتن خشک گندم}$$

کلیه آزمایشهای مربوط به تعیین گلوتن خشک و مرطوب و تعیین کیفیت آن براساس استاندارد[7] ICC - ۱۰۶/۱ انجام شدند.

برای تعیین درصد جذب آب آرد، آزمایش فارینوگراف[8] انجام شد. آزمایش پس از تعادل حرارتی ۵۰ گرم نمونه آرد در دمای ثابت ۳۲ درجه سانتی‌گراد (قابل تنظیم) با افزایش تدریجی آب انجام گرفت. این کار تا رسیدن منحنی به ۵۰۰ واحد فارینو ادامه یافت. سپس با تکرار آزمایش، با مقدار معینی آب (بر پایه درصد جذب آب آرد) منحنی فارینوگرام به مدت ۲۰ دقیقه رسم گردید. با رسم منحنی، زمان گسترش خمیر (فاصله زمانی از آغاز افزودن آب تارسیدن خمیر به حداکثر قوام)، مقاومت خمیر (مدت زمانی که منحنی دارای ۵۰۰ واحد فارینو است) و درجه سست شدن خمیر (فاصله مرکز فارینو گراف از خط ۵۰۰ واحد فارینو) پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه تعیین گردید. این آزمون طبق روش استاندارد شماره ۱۱۵ از ICC انجام شد.

گندمهای انتخابی به طور جداگانه از نظر میزان رطوبت، واجد شرایط برای آرد سازی شدند و با دستگاه آسیاب پنوماتیکی بوهلر[9] آرد شدند. الکهای آسیاب به جهت مناسبت درجه استخراج آرد از گندم با نوع نان انتخاب شدند. آردها پس از آسیاب با نسبت معین به طور یکنواخت با یکدیگر مخلوط شد.

برای تهیه خمیر آرد گندم، ابتدا مخمر خشک فعال[10] در آب با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (دمای بهینه برای فعالیت سلولهای مخمر) در مدت ۲۰ دقیقه (مدت لازم برای یک دوره رشد و تکثیر سلولهای مخمر)، همراه با یک درصد شکر نسبت به آرد (جهت تغذیه سلولهای مخمر) آبگیری شد. آرد، مخمر فعال آبگیری شده، نمک طعام و مقدار آب بر پایه میزان درصد جذب آب آرد جهت تهیه خمیر با یکدیگر مخلوط گردید. درجه حرارت بهینه در مدت زمان استراحت اولیه برای تخمیر خمیر و تولید گازهای Co_2 و الکل

1 - Laboratory Mill 3100 2- Inframatic 8100 3 - Percisa 600 C 4 - Glutamatic 2100 5-Centrifuge 2015

6- Glutork 2020 7 - ICC Standard -105.1 (Standard methods of the International Association for Cereal Chemistry)

8 - Brabender Farinograph Type 820600 9 - Buhler Mill 10- Active Dry Yeast

و پوک شدن خمیر ۲۷ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۳ و ۹). برای رسیدن به این دما، با اندازه‌گیری دمای آرد توسط دماسنج[1]، دمای آب لازم از رابطه تجربی تقریبی ۴ تعیین گردید(۹).

(۴) $T_W = 2T_D - T_F$ که در آن:

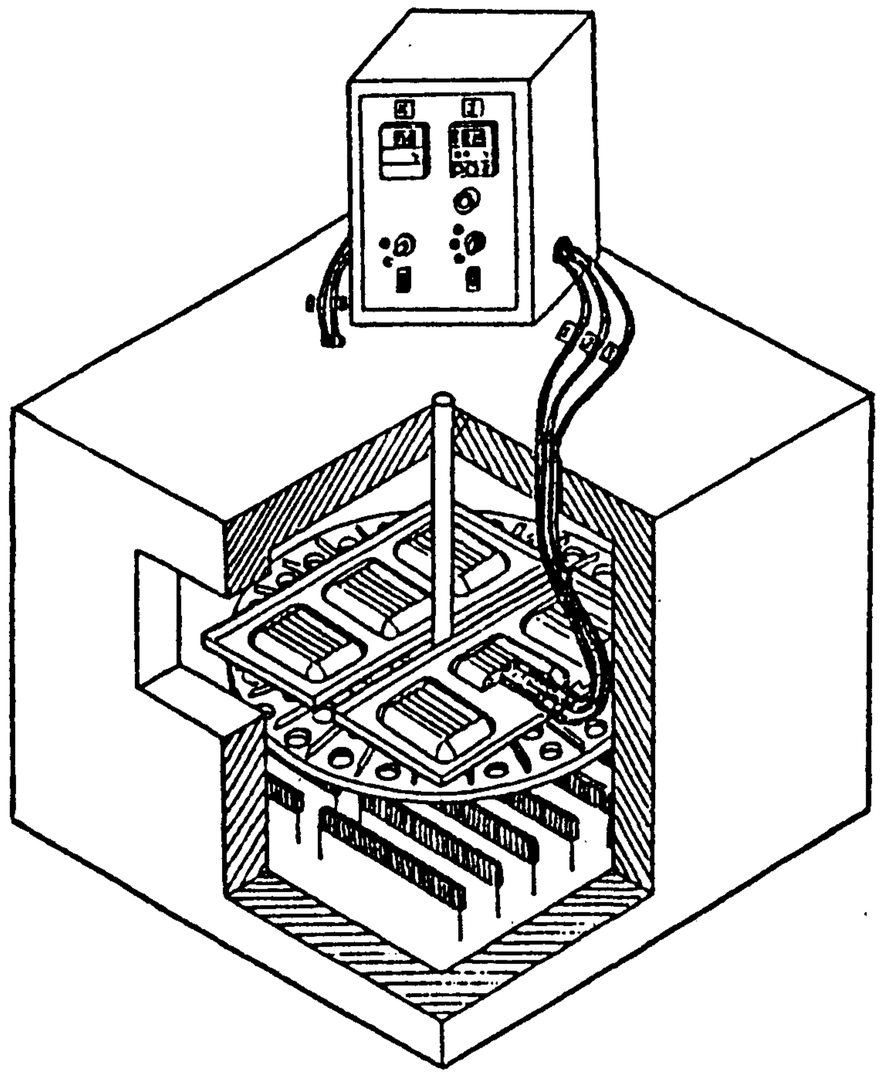
T_W، T_D و T_F: به ترتیب دمای آب، خمیر و آرد، c°

مخلوط یکنواخت اجزاء اصلی خمیر آرد گندم را ابتدا به مدت ۸ دقیقه و پس از ۵ دقیقه استراحت، مجدداً به مدت ۲ تا ۳ دقیقه ورز داده و به مدت ۴۰ دقیقه به آن استراحت داده شد (تخمر اولیه). پس از این مدت، قسمتی از گازهای تولیدی برای جلوگیری از خفگی و فعالیت مجدد مخمر از خمیر خارج و خمیر زیر و رو گردید. بعد از حدود ۵ دقیقه، چانه‌های خمیر را به وزن متوسط در حدود ۳۵۰ گرم و به ابعاد ۲۰×۱۵×۱/۲ سانتی‌متر توسط قالب بر روی سینی‌های مخصوص پخت نان از جنس آلومینیوم، شکل و فرم داده، شیارهایی به وسیله شیار زن با فواصل حدود ۳ سانتی‌متر از یکدیگر در جهت طولی چانه خمیر نان ایجاد گردید. سینی‌های دارای چانه‌های خمیر درون اتاق تخمیر در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت نسبی ۷۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت (تخمیر ثانویه). پس از این مدت، بر روی چانه‌های خمیر رومال زده شد برای تهیه رومال، ابتدا مقداری آرد در آب سرد حل کرده تا خمیر شل به دست آمده سپس بر روی آن آب جوش ریخته پس از مدتی رومال حاصل شد.

سینی‌های فوق را بر روی صفحه دوار داخل تنور الکتریکی[2] با دمای مطلوب پخت نان قرار گرفت تا در مدت زمان لازم فرآیند پخت نان صورت پذیرفت.

انرژی گرمایی در تنور الکتریکی به حجم نیم متر مکعب با ۱۶ مقاومت الکتریکی در کف تنور تأمین می‌شود. در شکل ۱ تنور الکتریکی همراه با دستگاه اندازه‌گیری و کنترل دمای تنور، خمیر و نان را نشان می‌دهد.

«دستگاه اندازه‌گیری و کنترل دما» به منظور تعیین دما و تغییرات آن نسبت به زمان در پوسته رو، زیر و مغز نان در دمای ثابت



شکل ۱ - تنورالکتریکی همراه با دستگاه اندازه گیری و کنترل دمای تنور، خمیر و نان

تنور در نظر گرفته شده است. این دستگاه مجهز به دو نوع ترمومتر و ترموکوپل است. برای اندازه‌گیری دمای هوای تنور الکتریکی، دمای سطح دیواره‌های جانبی و سقف تنور از دوترموکوپل نوع K و برای قرائت دما از یک دستگاه ترمومتر[3] نوع K استفاده شد. برای اندازه‌گیری دمای پوسته رو، زیر و مغز چانه خمیر و نان از سه و برای ترموکوپل نوع بکار برده J قرائت دمای حسی ترموکوپلها از یک دستگاه ترمومتر نوع مدار J شد. با یکی از ترمومترها که مجهز به فرمان است درجه حرارت تنور مناسب برای فرآیند پخت نان تنظیم گردید. این مدار با وجود یک دستگاه کنتاکتور عبور جریان الکتریسیته را در حد بالا و پایین درجه حرارت مطلوب به ترتیب قطع و یا وصل می‌کند.

سینی مخصوص پخت از جنس آلومینیم با ضریب هدایت حرارتی بسیار زیاد در نظر گرفته شده است. مقاومت حرارتی در راستای ضخامت آن نسبت به دو بعد دیگر ناچیز بوده و انتقال حرارت یک بعدی صورت می‌گیرد(۴). خواص فیزیکی آلومینیم در جدول ۲ نشان داده شده است(۷).

1-Thermometer W-wa, N-miedzesyn rok, 1963 Nr 34776 and 49991

2-The Bristol Company Waterbury, USA Thermometer Controller

3 -Digital Thermometer, Bassel Electronic Co. Model BE 06

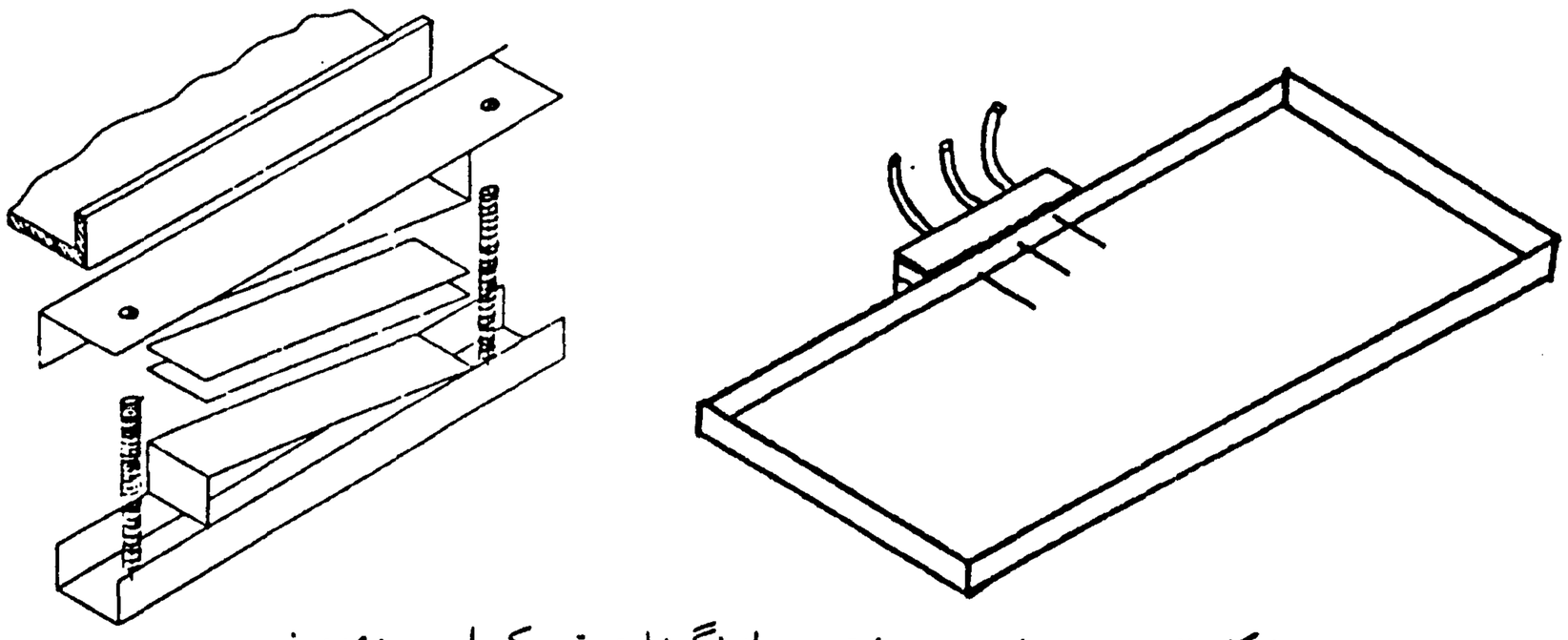
جدول ۲ - خواص فیزیکی آلومینیوم در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

خواص فیزیکی / ماده	k ضریب هدایت حرارتی (W/m.K)	α ضریب نفوذ حرارتی ($m^2/s \times 10^5$)	c_p گرمای ویژه در فشار ثابت (kj/kg.K)	ρ جرم حجمی (kg/m^3)
آلومینیوم(Al)	۲۰۴	۸/۴۱۸	۰/۸۹۶	۲۷۰۷

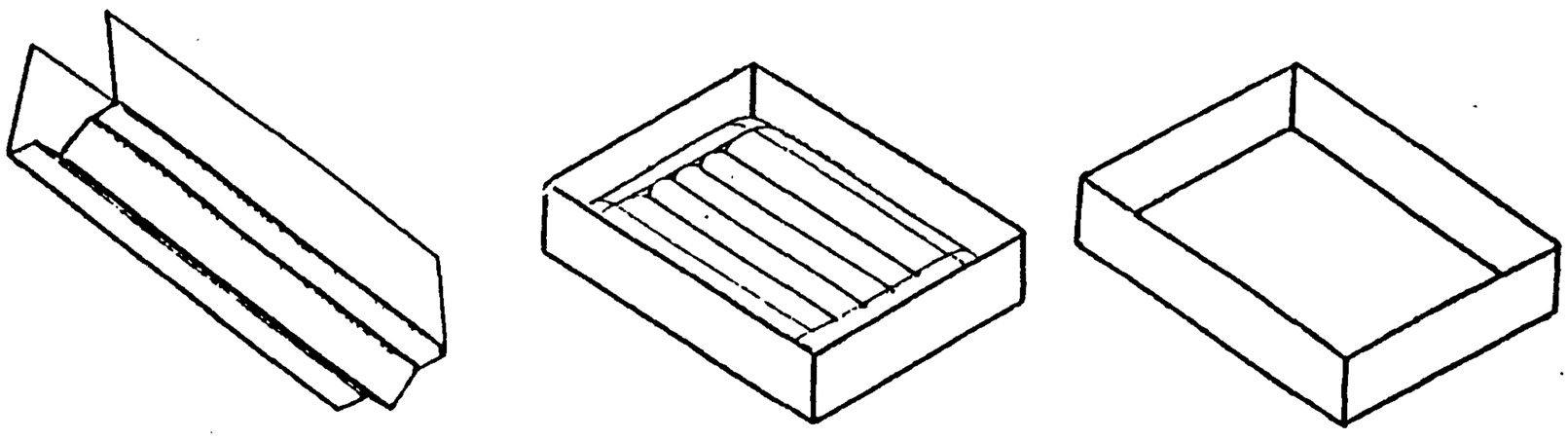
با توجه به ابعاد هندسی درب ورودی و صفحه دوار تنور الکتریکی، ابعاد سینی مخصوص پخت با طول و عرض به ترتیب ۶۰ و ۲۸ سانتی‌متر و ضخامت ۳ میلی‌متر تعیین شد. همچنین وسیله‌ای جهت نگهداری و تنظیم ترموکوپلها برای اندازه‌گیری دمای قسمتهای مختلف چانه خمیر و نان بر روی یک دیواره سینی تعبیه شده است (شکل ۲).

قالبها به ابعاد ۲۰×۱۵×۴ سانتی‌متر به منظور هم آهنگی ابعاد چانه‌های خمیر بر روی سینی پخت در نظر گرفته شد. در این صورت بر روی هر سینی پخت، سه چانه خمیر نان به ابعاد ۲۰×۱۵×۱/۲ سانتی‌متر با گوشه و لبه‌های گرد، قرار می‌گیرد. شیارزن بطول ۱۶ سانتی‌متر برای ایجاد شیارهای طولی بر روی چانه خمیر در نظر گرفته شد. شکل ۳ قالب و شیارزن را نشان می‌دهد.

انرژی گرمایی حاصل از مقاومتهای حرارتی تنور الکتریکی سبب گرم شدن هوای داخل تنور و دیواره‌های جانبی و سقف تنور می‌گردد. هرگاه سینی مخصوص پخت دارای چانه‌های خمیر نان بر روی صفحه دوار تنور الکتریکی قرار گیرند. انرژی گرمایی به روش هدایت یک بعدی از سینی پخت به سطح زیر چانه خمیر نان و به روش تابشی از دیواره‌های گرم جانبی و سقف و به روش جابجایی آزاد از هوای گرم داخل تنور بر روی سطح بالایی و جانبی چانه خمیر نان انتقال می‌یابد(۱۰). علاوه بر آن با توجه به اختلاف بسیار زیاد مابین هوای مرطوب تنور و چانه خمیر، در اولین مرحله پخت، انتقال انرژی گرمایی از طریق بخار آب موجود در تنور، بر روی



شکل ۲ - سینی مخصوص پخت، وسیله نگهداری ترموکوپل بر روی سینی



قالب بدون نان — قالب با چانه خمیر نان — شیار زن

شکل ۳ - قالب و شیار زن چانه‌های خمیر نان بربری

سطح چانه خمیر صورت می‌گیرد. در نتیجه انتقال انرژی، و نفوذ گرما در مدت زمان کوتاهی دمای سطح چانه خمیر به درجه حرارت جوش آب (حدود ۱۰۰°C) می‌رسد و به علت رطوبت کم لایه‌های خارجی نان، همواره حرارت افزایش یافته تا حدود ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و پوسته را تشکیل می‌دهد. به همین علت حجیم شدن به مدت کوتاهی به طول می‌انجامد. پوسته نان به عنوان پوشش و مخافظ نان عمل کرده سبب جلوگیری یا تأخیر در از دست دادن رطوبت و فراریت مواد معطر می‌گردد و بسیاری از مواد طعم دهنده و اشتها آور را به بافت نان انتقال می‌دهد. با وجود اختلاف دما بین سطوح و مرکز چانه خمیر، طبق قانون فوریه هدایت گرمایی از سطح به طرف مرکز خمیر نان منتقل می‌گردد. بافت نان مادامی که رطوبت بالا دارد دمایش از دمای جوش آب تجاوز نمی‌کند(۵ و ۱۱).

مغز نان در حرارتی حدود ۹۵ درجه سانتی‌گراد پخته می‌شود. در این صورت آب آزاد خمیر گرم شده و تبخیر می‌گردد و قسمت زیادی از آن از طریق خلل و فرج پوسته خارج می‌شود و سبب افزایش رطوبت نسبی هوای درون تنور می‌گردد. قسمتی از بخار آب در داخل نان باقی مانده و روی فرآیند تورم و ژلاتینه شدن تأثیر می‌گذارد. مغز نان که با سفت شدن لایه داخلی خمیر حاصل می‌گردد و در اثر فرآیندهای تورم، انعقاد و ژلاتینه شدن پروتئین و نشاسته بوجود آمده و موجب هضم آسان نان می‌گردد. تغییراتی که در نان بوجود می‌آید ناگهانی و آنی نبوده، بلکه به آرامی و کندی انجام می‌پذیرد.

رعایت درجه حرارت و رطوبت از نکات پر اهمیت است. اصولاً گرمای تنور نمی‌تواند به طور سریع درون مغز نان نفوذ پیدا کند و از طرفی لایه خشک در اطراف مغز نان را فرامی‌گیرد که هدایت کننده خوبی برای گرما نبوده و مانع افزایش سریع حرارت به مغز نان می‌شود.

کیفیت نان به شدت به مدت زمان پخت بستگی دارد. با افزایش مدت زمان پخت، ویژگیهای مغز و پوسته نان بهبود می‌یابد. با طولانی‌تر شدن آن مغز نان قابلیت الاستیسیته بیشتری پیدا کرده و بهتر جویده می‌شود. با طولانی‌تر شدن زمان پخت تا ۱۵ درصد کاهش وزن نان، حجم نان افزایش پیدا کرده و از آن به بعد کاهش می‌یابد. با کوتاه شدن مدت زمان پخت، بازدهی خمیر زیاد، رنگ قهوه‌ای کمرنگ، الاستیسیته آن کم و طعم آن کهنه و بیات می‌شود.

برای اندازه‌گیری و بررسی تغییرات رطوبت چانه خمیر و نان در طول مدت زمان پخت، چانه‌ها را در فواصل زمانی معین از تنور خارج کرده توزین نموده و با وزن اولیه آنها مقایسه گردید(۶).

نتایج و بحث

برای انتخاب و میزان اختلاط گندمها و تهیه آرد مناسب، نتایج بررسیهای مقدماتی هشت رقم گندم از ارقام مختلف از نظر ویژگیهای نانوایی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مشخصات گندم در جدول ۳ نشان داده شده است.

با استفاده از نتایج مذکور، ارقام تجن گرگان و مهدوی کرج با توجه به ارزش نانوایی نسبت به دیگر ارقام گندم انتخاب شدند. در بررسی نهایی این دو رقم، درصد گلوتن مرطوب از رابطه ۱،

جدول ۳ - خواص کیفی و ارزش نانوایی ارقام مختلف گندم (بررسی مقدماتی)

رقم	محل تولید	پروتئین درصد	عدد زلنی	حجم نان*	رطوبت درصد	شاخص سختی دانه	جذب آب ۰ درصد	ملاحظات
تجن	گرگان	۱۲/۳	۳۱	۴۳۵۰	۱۴/۹	۴۸	۶۳/۷	
مهدوی	کرج	۱۱/۳	۲۴	۳۶۴	۱۱/۹	۴۴	۶۲/۷	
بیستون	کرج	۱۰/۲	۱۸	۳۳۳	۱۲/۴	۳۸	۶۰/۶	
کرج ۱	کرج	۱۴/۵	۴۳	۵۱۹	۱۲/۶	۴۲	۶۲/۸	دانه‌ها چروکیده‌وریز
الموت	همدان	۹/۵	۱۷	۲۹۹	۱۰/۶	۴۹	۶۳/۲	
الوند	همدان	۱۰/۲	۲۸	۳۴۸	۸/۲	۶۳	۶۶/۷	
MV-17	همدان	۹/۵	۱۴	۲۹۹	۱۰/۶	۴۵	۶۲/۵	
MV-17	کرج	۱۱/۵	۴	۵۳۴	۱۳/۱	۴۱	۶۱/۶	

* حجم نان برحسب میلی لیتر در ۱۰۰ گرم آرد می‌باشد.

درصد گلوتن خشک از رابطه ۳، کیفیت گلوتن از رابطه ۲ و الاستیسیته گلوتن با استفاده از داده‌های حاصل از آزمایشهای مربوطه تعیین شدند. نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است.

آزمایش فارینوگراف برای دو رقم گندم انتخابی به طور خالص و با نسبت‌های مختلف از مخلوط آنها انجام شده و منحنی‌های جذب رطوبت و فارینوگرام به دست‌آمدند که در شکلهای ۴، ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده‌اند. برخی نتایج حاصل از این منحنی‌ها در جدول ۵ آمده است.

نمونه‌های مورد آزمایش به ترتیب از مقدار آرد گندم تجن آنها کاسته و بر مقدار آرد گندم مهدوی افزوده شده است. نتایج به دست آمده از منحنی‌های جذب آب آرد و فارینوگرام نشان می‌دهد که قدرت جذب آب آرد نمونه‌ها، باکاهش آرد گندم تجن همراه با افزایش آرد گندم مهدوی از ۷۱/۶٪ (درصد جذب آب آرد گندم تجن) به ۶۱/۸٪ (درصد جذب آب آرد گندم مهدوی) کاهش نشان می‌دهد. نمونه‌های با قدرت جذب آب زیادتر، نان بیشتری تولید می‌کنند.

مدت زمان لازم برای بسط خمیر گندم تجن بیشتر از خمیر گندم مهدوی است که به همان اندازه ورز دادن خمیر در نانوایی طولانی‌تر است که تابعی از کمیت و کیفیت گلوتن آنهاست. مدت زمان دوام خمیر گندم تجن نیز بیشتر از گندم مهدوی است زیرا منحنی مربوط به خمیر گندم تجن نزول خیلی کندی را نشان می‌دهد و این عامل قدرت مقاومت خمیر را در برابر چگونگی وضع مکانیکی معلوم می‌سازد، در این صورت دوام خمیر گندم تجن بیشتر خواهد بود. با توجه به اینکه منحنی معمولی فارینوگراف خمیر گندم تجن سیر نزولی کمتری نشان می‌دهد به همان اندازه زمان پف کردن خمیر طولانی‌تر است. قوه ارتجاع یا کشش خمیر گندم تجن بیشتر از خمیر گندم مهدوی است زیرا منحنی فارینوگراف گندم تجن پهن‌تر است که این امکان ازدیاد حجم بیشتری را به دنبال دارد.

علاوه بر تعیین عوامل منفرد فوق، می‌توان برای قضاوت کلی در مورد خواص کیفی نمونه‌های آرد، آزمایش والوری متر را انجام داد که نتایج به دست آمده از این آزمایش آرد گندم تجن با ارزش والوری متری ۶۲ در ردیف آردهای بسیار عالی و آرد مخلوط گندم تجن و مهدوی با نسبت ۳ به ۱ با ارزش والوری متری ۵۰ در ردیف آردهای خوب قرار می‌گیرد.

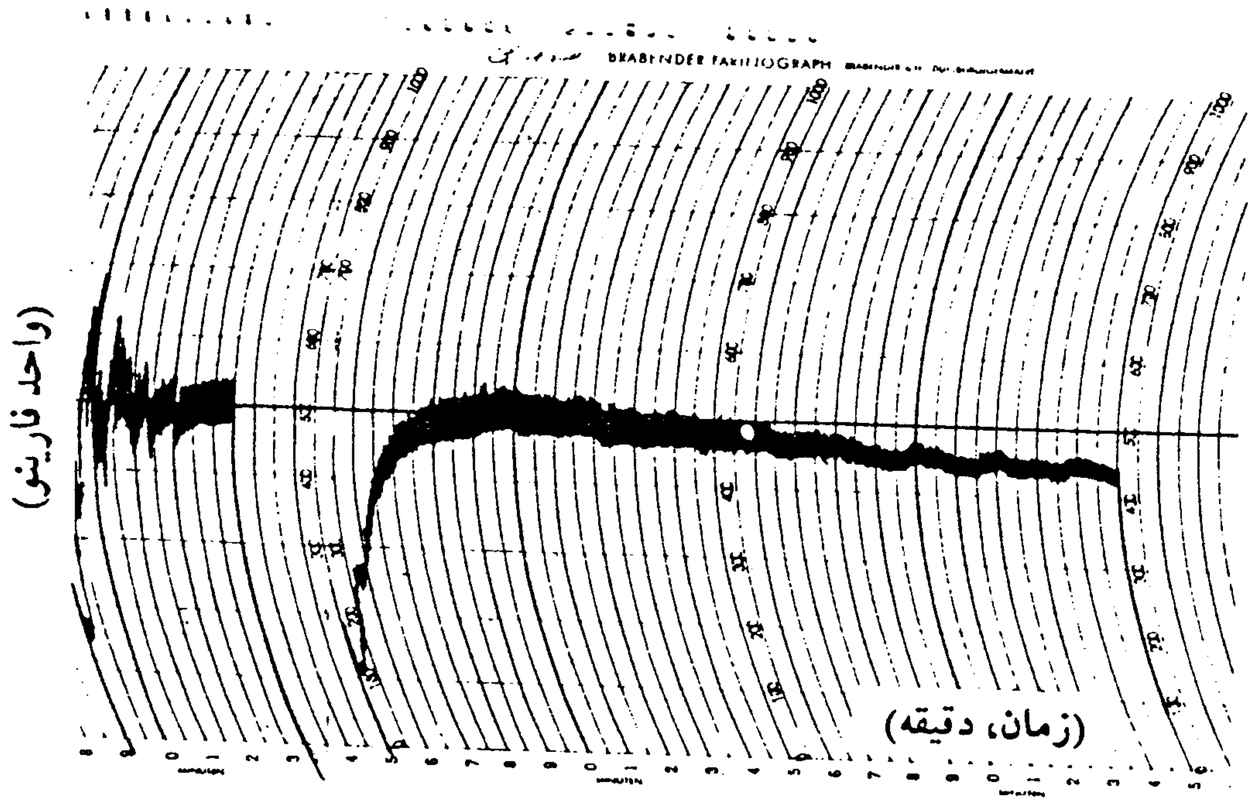
براساس نتایج فوق، آرد مخلوط از آردهای گندم تجن و مهدوی به ترتیب به نسبت ۷۵ و ۲۵ درصد جهت آزمایشهای پخت نان بربری و بررسی انتقال حرارت در آن انتخاب شد.

جدول ۴ - خواص کیفی و ارزش نانوایی ارقام گندمهای انتخابی (بررسی نهایی)

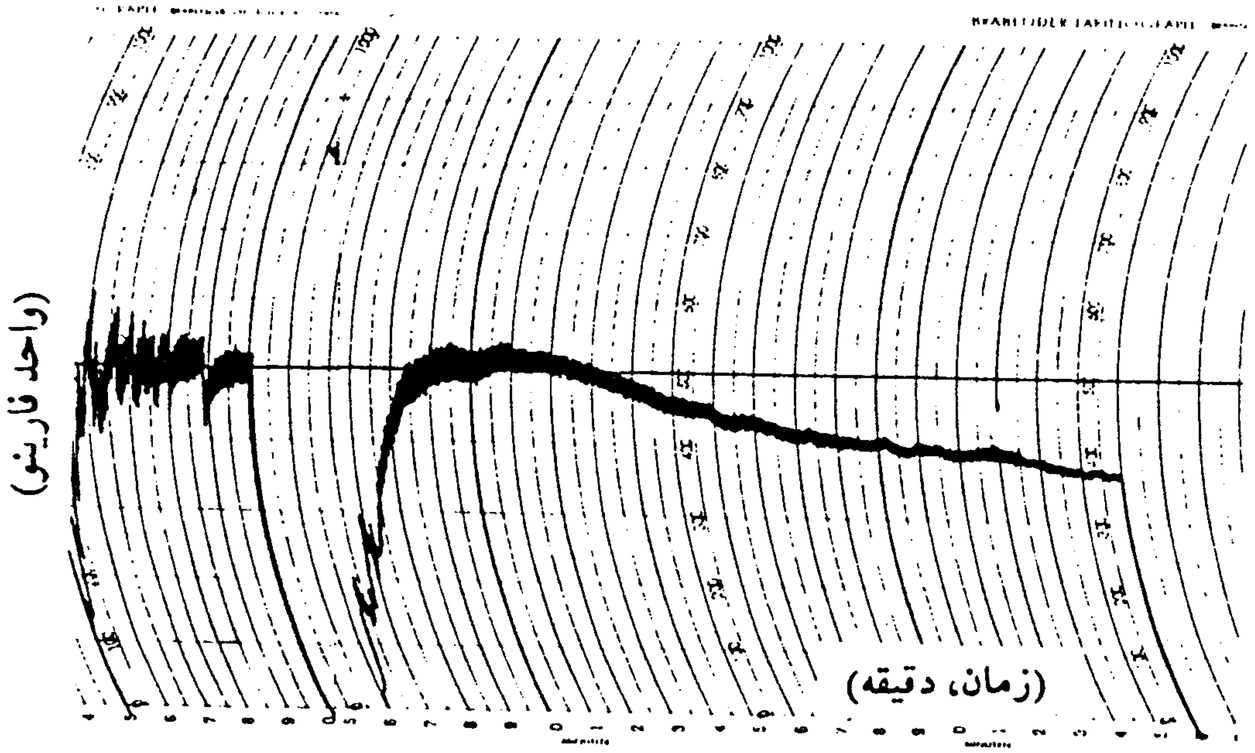
رقم	محل تولید	گلوتن مرطوب	الاستیسیته گلوتن	کیفیت گلوتن	گلوتن خشک
		درصد		درصد	درصد
تجن	گرگان	۲۵	خشک	۹۲	۷
مهدوی	کرج	۳۶	نرمال	۵۴	۱۱

جدول ۵ - نتایج آزمایش فارینوگراف دو رقم گندم‌های انتخابی با نسبتهای مختلف

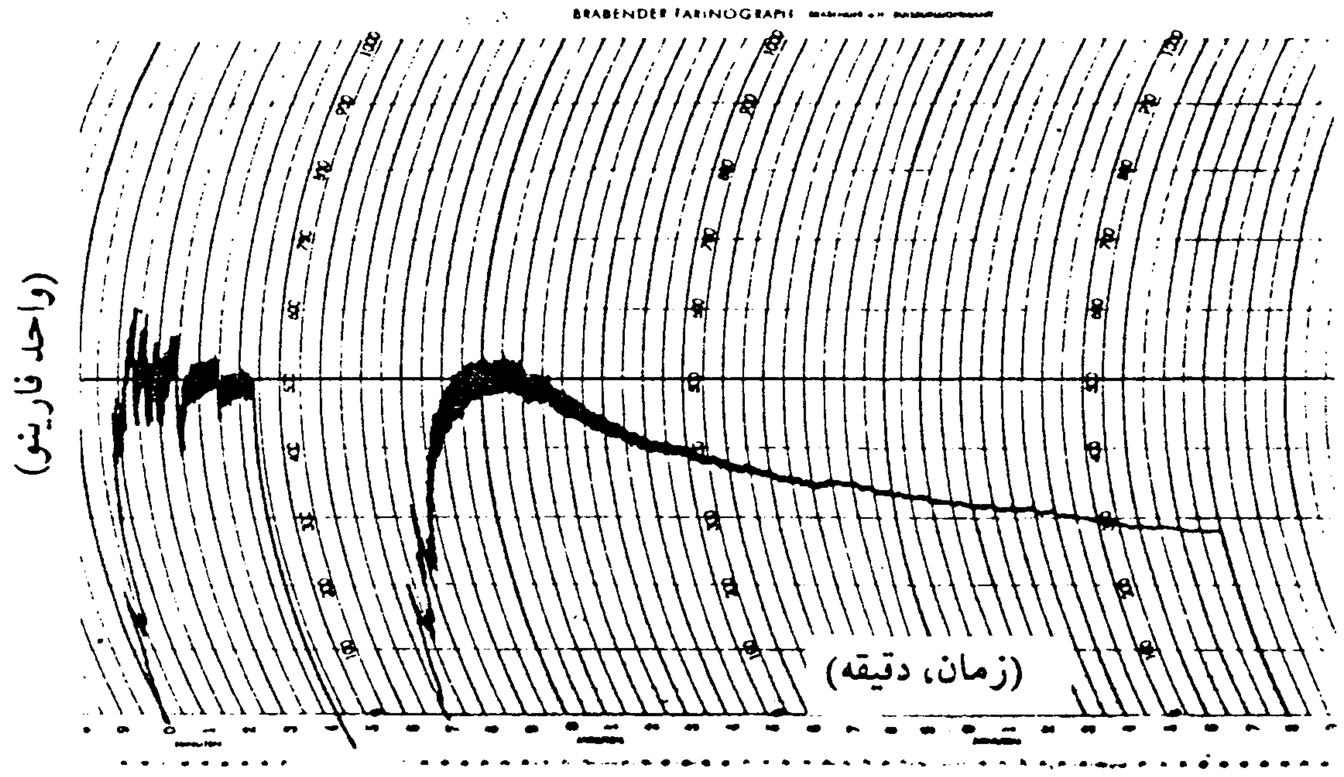
نمونه‌ها	درصد گندم		جذب آب	درجه سست شدن به واحد فارینو بعد از		ارزش
	تجن	مهدوی	%	۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	والوری‌متر
۱	۱۰۰	۰	۷۱/۶	۲۰	۶۵	۶۲
۲	۷۵	۲۵	۶۸/۶	۶۰	۱۳۵	۵۰
۳	۵۰	۵۰	۶۶/۲	۱۴۰	۲۱۵	۴۰
۴	۰	۱۰۰	۶۱/۸	۲۴۵	۲۸۵	۲۰



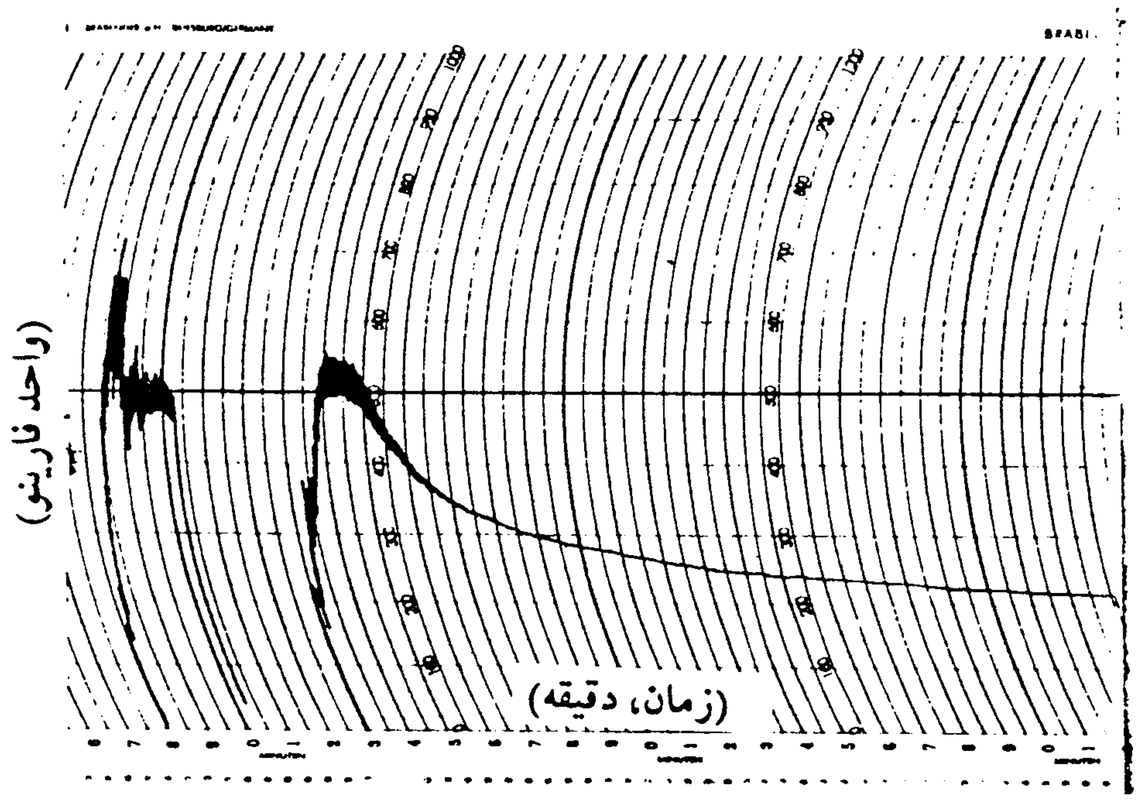
شکل ۴ - نمودار فارینوگراف خمیر گندم تجن گرگان (۱۰۰%)



شکل ۵ - نمودار فارینوگراف خمیر گندمهای تجن ۷۵% و مهدوی ۲۵%



شکل ۶ - نمودار فارینوگراف خمیر گندمهای تجن ۵۰% و مهدوی ۵۰%

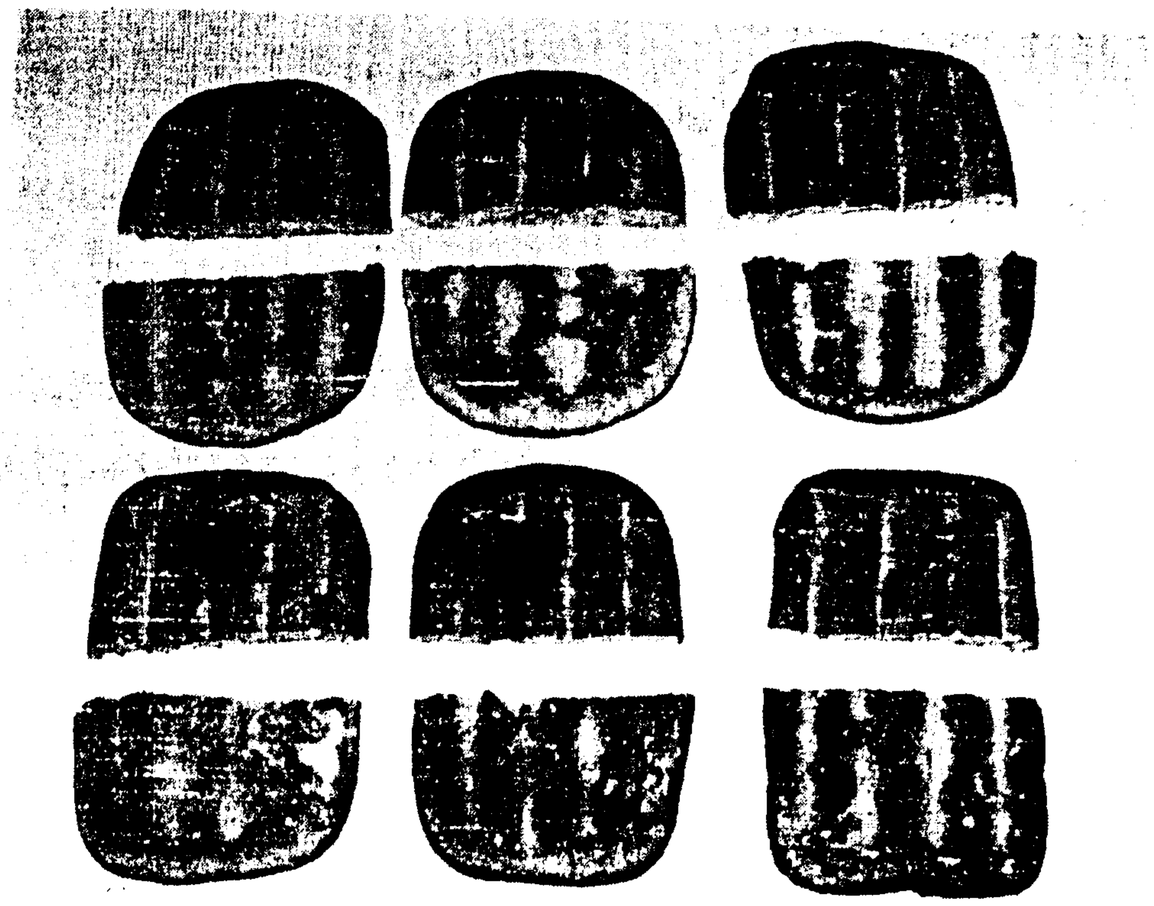


شکل ۷ - نمودار فارینوگراف خمیر گندم مهدوی ۱۰۰%

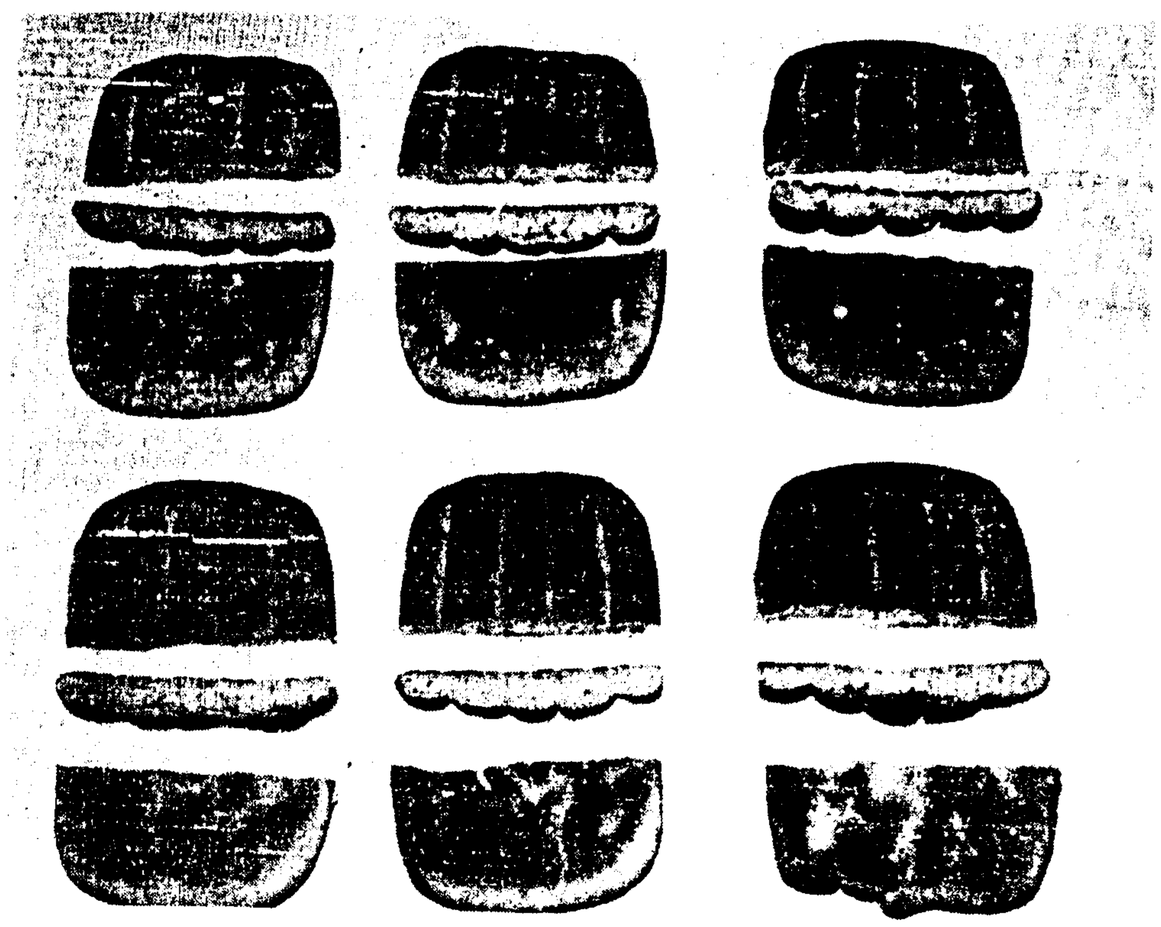
فرآیند پخت نان در سه دمای مختلف ۲۱۵، ۲۳۰ و ۲۴۵ درجه سانتی‌گراد در تنور الکتریکی انجام شد. در آزمایشهای اولیه، گسترهٔ مدت زمان پخت از شروع پختگی تا سوختگی نان تعیین گردید. در آزمایشهای ثانویه، قرصهای نان در فواصل زمانی ۲ دقیقه به طور پیاپی از داخل تنور خارج شدند. در هر درجه حرارت پخت (۲۱۵، ۲۳۰ و ۲۴۵ درجه سانتی‌گراد) شش نمونه و جمعاً هجده نمونه قرص نان تحت آزمایش حسی و عینی توسط متخصصین و کارشناسان علوم تغذیه قرار گرفت. از بین نمونه‌ها، قرصهای نانی که در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ دقیقه پخته شدند مورد تأیید قرار گرفتند که با تکرار آزمایشها، نتایج یکسانی داشته است.

تصاویر ۸، ۹ و ۱۰ نانهای بربری پخته شده در شرایط مختلف، درجه حرارت تنور و مدت زمان پخت نشان می‌دهد.

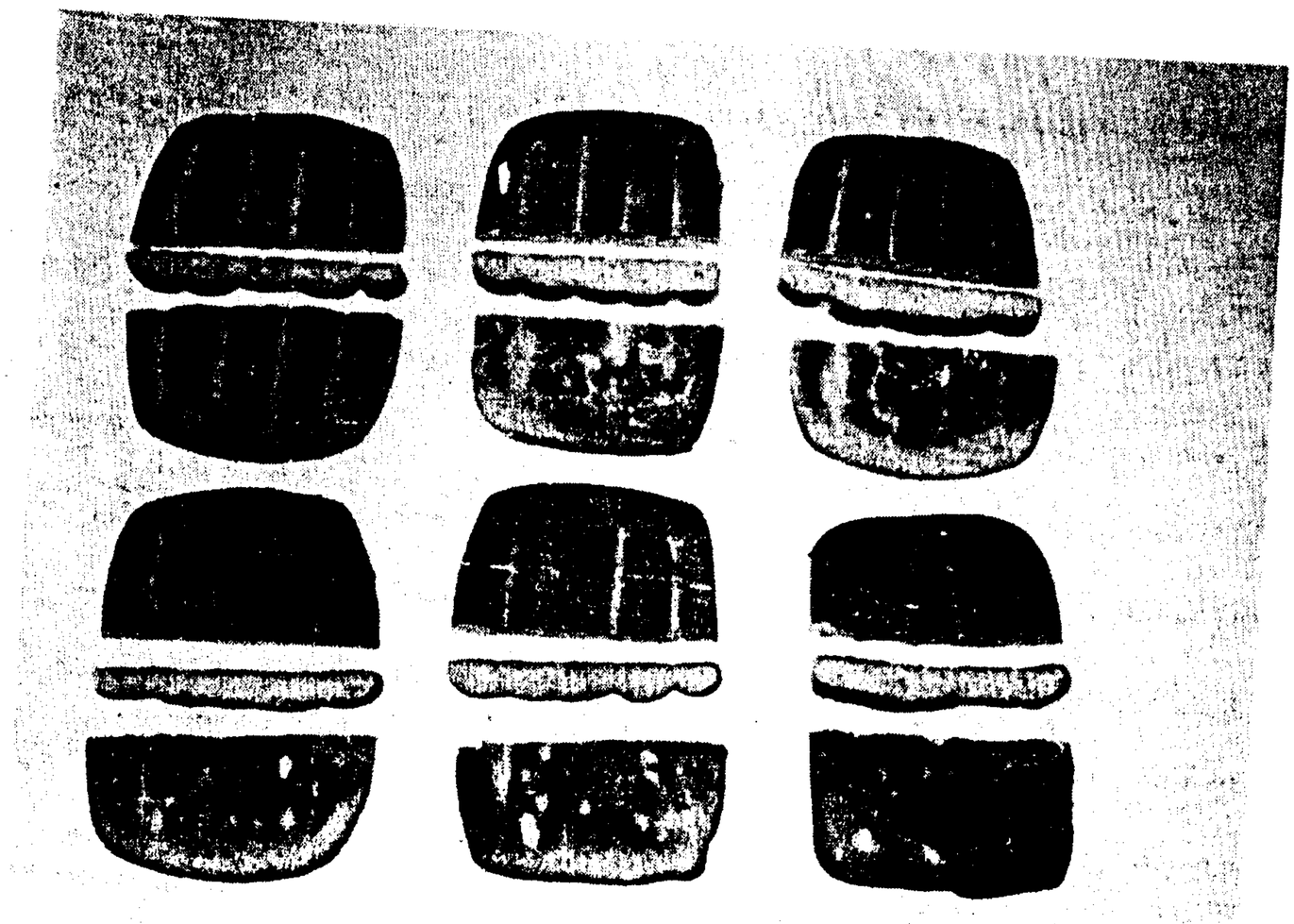
آزمایشهای اندازه‌گیری دما و تغییرات آن در مدت زمان پخت در دماهای مختلف هوای تنور ۲۱۵، ۲۳۰ و ۲۴۵°C در مکانهای پوسته رو، زیر و مرکز چانه خمیر نان انجام شد دمای تست برای مختلف توسط ترموکوپلهای دستگاه اندازه‌گیری و کنترل دما، حس شده و با ترمومترهای آن در فواصل زمانی یک دقیقه قرائت شد. نمودار تغییرات دما در پوسته رو، زیر و مغز نانهایی که در دمای تنور ۲۳۰ °C به مدت ۲۴ دقیقه پخته شده (نمونه‌های انتخابی) در شکلهای ۱۱، ۱۲ و ۱۳ و نیز در مقایسه با یکدیگر در شکل ۱۴



شکل ۸ ـ نمونه نانهای پخته شده در دمای ۲۱۵ درجه سانتیگراد



شکل ۹ ـ نمونه نانهای پخته شده در دمای ۲۳۰ درجه سانتیگراد



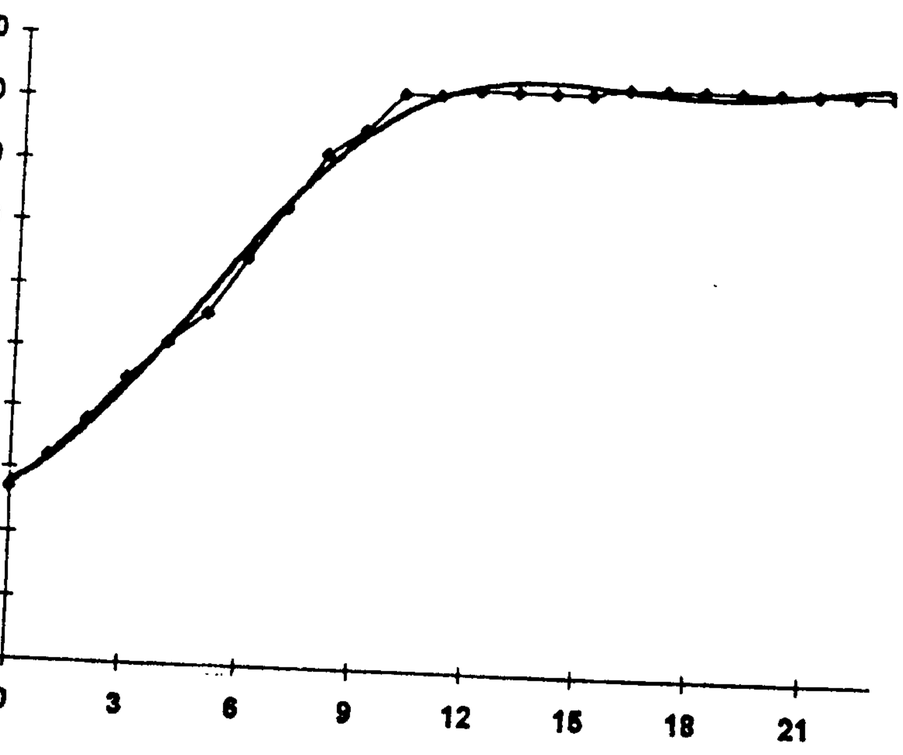
شکل ۱۰ - نمونه نانهای پخته شده در دمای ۲۴۵ درجه سانتیگراد

نشان داده شده است.

همانطور که نمودار تغییرات دما در پوسته رو شکل ۱۱ نشان می‌دهد درجه حرارت پوسته رو حدوداً در مدت زمان ۴ دقیقه به ۹۸°C رسیده و رطوبت خود را در اثر شدت انتقال حرارت به روشهای جابجایی و تابشی از طریق هوا و دیواره‌های داغ تنور از دست داده و درجه حرارت آن در طول زمان ۲۴ دقیقه (مدت پخت) همواره افزایش یافته و به دمای حدود ۱۵۷°C می‌رسد.

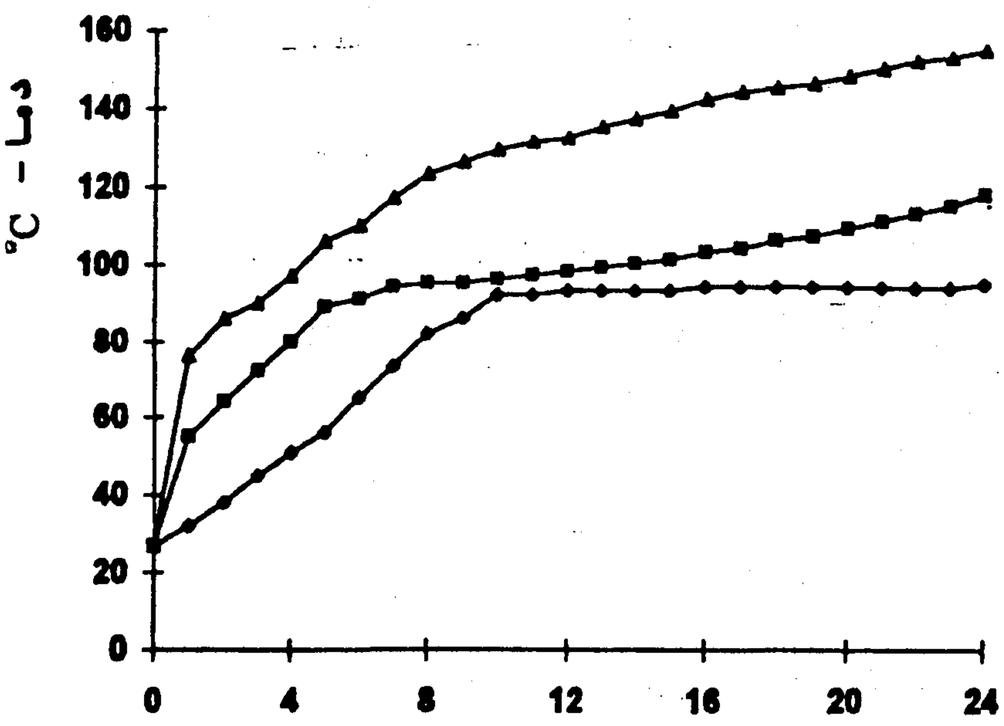
درجه حرارت پوسته زیر (شکل۱۳) حدوداً پس از مدت زمان ۸ دقیقه به ۹۸°C رسیده و در طول مدت پخت همواره افزایش یافته به دمای حدود ۱۲۰°C می‌رسد. با توجه به اینکه شدت انتقال حرارت بر سطح پوسته رو بیشتر از سطح پوسته زیر می‌باشد آهنگ روند تغییرات دما در پوسته رو شدیدتر از تغییرات دمای پوسته زیر بوده که در شکل ۱۴ در مقایسه با یکدیگر نشان داده شده است.

درجه حرارت مغز نان حدوداً در طول زمان ۱۰ دقیقه سیر شدید صعودی داشته شکل ۱۲ و پس از آن، در طول مدت پخت تغییرات دما در حدود ۵°C افزایش داشته تا به دمای ۹۸°C رسیده است. براساس نظریه پخت نان، نان در این دما پخته می‌شود و تا زمانی که رطوبت در نان وجود دارد این مقدار افزایش نخواهد داشت. با

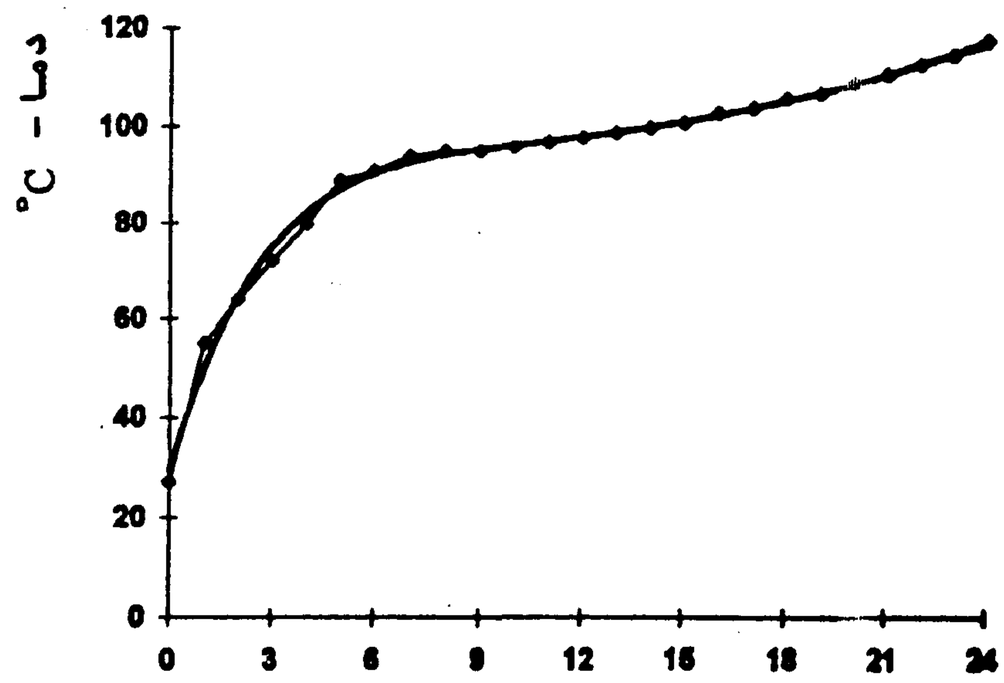


شکل ۱۱ -تغییرات دمانسبت‌به‌زمان‌پوسته‌روی چانه خمیرنان‌دردمای تنور۲۳۰°C

شکل۱۲ - تغییرات دما نسبت به زمان مغز چانه خمیر نان در دمای تنور۲۳۰°C



شکل ۱۴ - تغییرات دما نسبت به زمان پوسته رو، زیرومغز چانه خمیر نان در مقایسه با یکدیگر در دمای ۲۳۰°C



شکل ۱۳ - تغییرات دما نسبت به زمان پوسته زیر چانه خمیر نان در دمای ۲۳۰°C

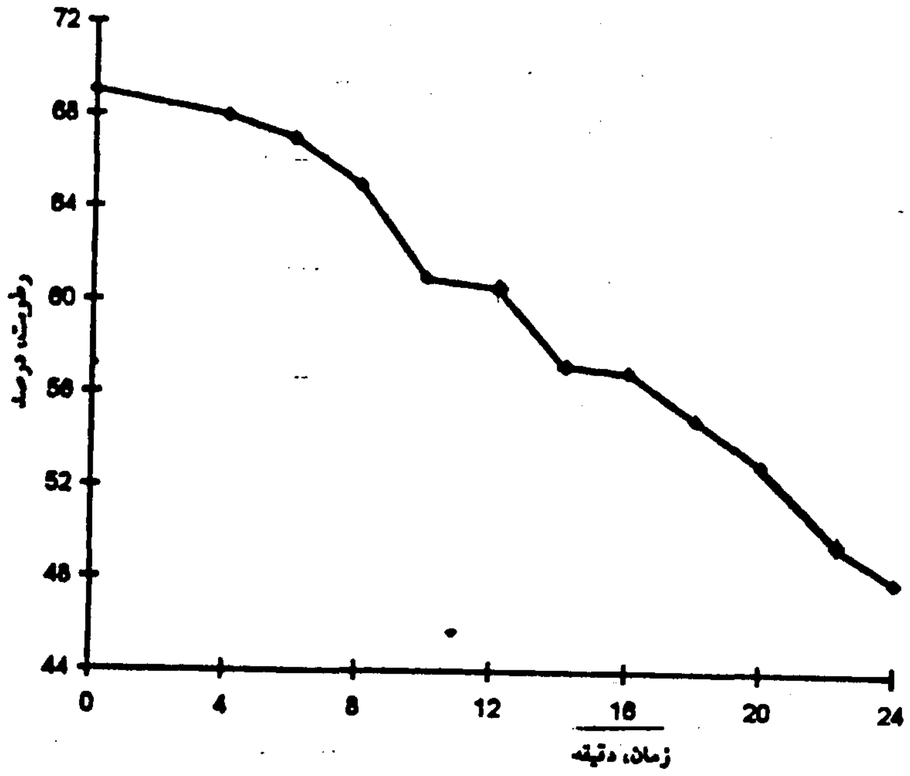
توجه به اینکه کاهش رطوبت این نان تنها در حدود ۲۰/۳ درصد بوده است. دمای نهایی مغز نان در ۹۸°C، با نظریه پخت نان مطابقت دارد.

بدیهی است تغییرات افزایش دما در پوسته رو، زیر و مغز نان در دماهای بالاتر تنور شدیدتر بوده و مدت زمان پخت کوتاهتر می‌باشد.

آزمایشهای اندازه‌گیری رطوبت و تغییرات آن در مدت زمان پخت در دمای تنور ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش چانه‌های خمیر نان با رطوبت اولیه ۷۸/۷ درصد بر پایه خشک قبل از شروع پخت توزین شدند.

نمونه‌های چانه‌های خمیر در طی مدت زمان پخت در فواصل زمانی معین از داخل تنور خارج و مکرراً توزین شدند نتایج تغییرات کاهش رطوبت در طول مدت زمان پخت در شکل ۱۵ نشان داده شده است. کاهش رطوبت بعد از حدود ۴ دقیقه از شروع پخت شدت گرفته و نسبتاً یکنواخت تا پایان مدت زمان پخت ادامه داشته است.

گرچه روند تغییرات درجه حرارت در هنگام پخت نان بربری در تنورهای معمول مورد بررسی قرار نگرفته تا بتوان با اعداد و ارقام حاصل از پخت نان در تنور الکتریکی در بررسی حاضر مورد مقایسه قرار گیرد، ولی کاهش رطوبت نان حاصل از تنور الکتریکی با کاهش وزن نان پخته شده در تنورهای معمول مطابقت دارد. کاهش نهایی رطوبت بعد از ۲۴ دقیقه پخت ۲۰/۳ درصد بر پایه خشک به دست آمد. این مقدار با کاهش رطوبت این نوع نانها که برابر با ۲۰ تا ۲۱ درصد گزارش شده‌است، تطبیق بسیار خوبی نشان می‌دهد (۲). کاهش رطوبت انواع نانهای ایرانی درجدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۵ - تغییرات کاهش رطوبت در طول مدت زمان پخت دردمای تنور ۳۰°C

سپاسگزاری

از کلیه همکاران آزمایشگاه شیمی غلات و تکنولوژی نان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و همکاران گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران که به حق در این تحقیق کمک نموده‌اند کمال تشکر و سپاس را داریم.

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱ - احمدی ندوشن، م. ۱۳۷۳. تغییر الگوی مصرف و صنعتی کردن تولید نان کشور، در: مجموعه مقالات اجلاس تخصصی نان، نشر انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، تهران، صفحات ۱۸۶-۱۹۵ .

۲ - ایرانی، پ. ۱۳۷۳. بررسی علل افت کیفیت و ضایعات نان و راههای برطرف کردن نارسائیها، در: مجموعه مقالات کلیدی سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (۱۲-۱۷ شهریور ۱۳۷۳)، انتشارات دانشگاه تبریز، صفحات ۴۵-۵۷ .

۳ - کنت، ان. ال. ۱۳۷۳. تکنولوژی غلات، آراسته، ن. مؤسسه انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۴۱۵ صفحه.

۴ - هلدمان، د. و پ. سینگ، ۱۳۶۸. مهندسی صنایع غذایی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشکده فنی دانشگاه تهران ۴۵۰ صفحه.

5- Carvalho, M.G. & N. Martins. 1992. Heat and Mass Transfer in an Electrically Heated Natural Convection Baking Oven. Institution of Chemical Engineers Symposium Series Vol. 1 (129): 699-708.

6- Hasatani, M., N. Arai, H. Katsuyama, H. Harui. & Y. Itaya. 1991. Heat and Mass Transfer in Bread during Baking in an Electric Oven in : Drying 91, Elsevier Science publishers, Amesterdam, PP. 385-393.

7- Perry, J.H. 1950. Chemical Engineer's Handbook. Mc Graw-Hill, New York: 1942 PP.

8- Qarooni, J. 1996. Flat Bread Technology. Chapman and Hall, New York: 206 PP.

9- Ridler, V., Breadmaking, Oxford University Press, London: 391 PP.

10. Singh, R.P. & D.R. Heldman, 1993. Introduction to Food Engineering. Academic Press Inc. California: 499 PP.

11- Zanoni, B., C. Peri & S. Pierucci, 1993. A study of the Bread-Baking Process. I: A Phenomenological Model, J. Food Engineering Vol. 19 : 389-398.

Iranian J. Agric. SCi. Vol. 29 No. 4 1999

An Investigation of the Temperature and Moisture Variations in the Process of Quality Barbari Bread Baking in an Electric Oven

A. AKRAM, T. TAVAKOLI AND P. IRANI

Ph.D Scholar, Farm Power and Machinery, University of Tarbiat Modarres,

Associate Professor, Farm Power and Machinery, Faculty of Agriculture,

University of Tehran and Reserecher Professor, Seed and Plant

Improvement Institute Karaj, Iran.

Accepted 30 Sep. 1996

SUMMARY

Barbari bread is among the most conventional flat breads of Iran. To obtain quality Barbari bread, wheat varieties of needed specifications had to be used. From among different wheat varieties, two, namely Tajane Gorgan and Mahdavi Karaj were picked up. For the varieties mentioned, the amount, quality and elesticity of the gluten content was determined. Water absorption of the flour, time of development, consistency and strength of the dough were among the characteristics determined through Farinograph test. The dough in percent flour weight consisted of 100% flour (a mix of 3 portions of Tajan to 1 of Mahdavi variety), 68.6% water, 3% active dry yeast and 1.5% salt which after mixing was let to rest for 40 minutes (primary proof). The dough balls after being spread and a number of groves formed on them were set in a fermentation chamber of 32°c and 75% moisture for 20 minutes.The baking of the dough (Covered by Roomal) for different durations and at different temperatures was done in an electric oven. The baking temperatures of 215, 230 and 245°c , controled through K type thermometer, thermocouples and aoutomatic control circuits, were tried. The desired quality bread, picked up on the basis of taste and appearance was the one baked for 24 minutes at a temperature of 23°C . Using a J type thermometer together with thermocouples, temperature variations in the crust and crumb were measured, plotted and compared. Within the same time intervals, the moisture content of the bread was also recorded all through the baking time, and the figures were plotted.A close correlation was observed between moisture decline (electric oven) and decrease in the weight of the bread (ordinary oven).

Keywords: Temperature, Moisture, Barbari Bread & Electric Oven.