

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه تقسیم کن و چانه کن ویژه خمیرهای نان ایرانی

مهدی کریمی^۱، زهرا شیخ الاسلامی^۱، فریبا نقی پور^۲، بهاره صحرائیان^{۲*}،
مهدی قیافه داودی^۱

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۲- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۰)

چکیده

امروزه با روند رو به رشد جمعیت و افزایش تقاضای جامعه به میزان بالای تولید نان نیاز به پایه ریزی و طراحی خطوط تولید نان به صورت صنعتی احساس می گردد زیرا تهیه خمیر به وسیله مخلوط کردن و ورز دادن و سپس تقسیم کردن و چانه کردن آن توسط دست علاوه بر اثرگذار بودن بر کاهش کیفیت محصول نهایی، بسیار وقت گیر بوده و پاسخگوی نیاز جامعه نمی باشد. بنابراین هدف از اجرای این تحقیق، طراحی سیستم مناسب برای تقسیم و چانه کردن خمیر جهت استفاده در تولید انواع نان بود. از سوی دیگر به منظور بررسی اثر این سیستم طراحی شده بر بافت، حجم مخصوص، تخلخل، رنگ و پذیرش کلی محصول نهایی، نمونه تهیه شده با این سیستم و نمونه ای که در آن از سیستم تقسیم کن پیستونی و چانه کن مخروطی (کونیکال) استفاده گردیده بود، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مکانیسم تزریق خمیر توسط هلیس برای تقسیم کردن خمیر نان های ایرانی که شل تر از خمیرهای اروپایی و آمریکایی هستند، مناسب بود. همچنین این سیستم به گونه ای طراحی گردید که از صدمه زدن به ساختمان خمیر و خروج گاز از آن جلوگیری شود. علاوه بر این طراحی و ساخت قسمت چانه کن که به صورت مارپیچ و لوله ای بود، مکانیسم مناسبی جهت گرد کردن مداوم قطعه های خمیر ایجاد نمود. از سوی دیگر نتایج بخش تولید نان بیانگر آن بود که هر دو نمونه به لحاظ حجم مخصوص، میزان سفتی بافت و پذیرش کلی اختلاف معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نداشتند. این در حالی بود که میزان تخلخل و مؤلفه های رنگی L^* و b^* نمونه ای که در تهیه آن از سیستم تقسیم کن پیستونی و چانه کن مخروطی استفاده شده بود کمتر و میزان مؤلفه a^* این نمونه بیشتر بود. این امر می تواند یکی از دلایل برتری سیستم طراحی شده نسبت به تقسیم کن پیستونی و چانه کن مخروطی باشد.

کلید واژگان: نان، تقسیم کن، چانه کن، بافت، تخلخل

۱- مقدمه

کشور ما از لحاظ مصرف سرانه نان یکی از پرمصرف ترین کشورهای جهان به شمار می رود و با توجه به امکاناتی که در کشور وجود دارد، می بایست صنعت نان بزرگترین صنعت کشور را تشکیل دهد [۱]. اما در حال حاضر بخش اعظم نان مورد نیاز کشور (مسطح، نیمه حجیم و حجیم) در نانوائی های کوچک و به صورت دستی با ظرفیت حدود پانصد کیلوگرم در روز تهیه می گردد. در حالی که در کشورهای پیشرفته، تکنیک ها و روش های ماشینی و صنعتی در زمینه تولید نان بسیار رایج است [۲]. بنابراین با توجه به مسائل ذکر شده، پایه ریزی، طراحی خطوط و تجهیزات مناسب جهت صنعتی شدن تولید نان امری ضروری بوده و ذهن محققان زیادی را به خود جلب نموده است. در همین راستا سربدهار (Sridhar) و مانوبار (Manohbar) سیستم شکل دهی خمیر جهت تهیه نان چاپاتی را معرفی نمودند و مدل ریاضی جریان خمیر در آن را مورد بررسی قرار دادند. در این دستگاه موتوری با توان ۴ اسب بخار و مجهز به سیستم تغییر سرعت تعبیه شد. همچنین یک سیلندر مستقیم با قطر داخلی ۵۶ میلی متر داشت که نسبت طول به قطر آن ۲/۲ به ۱ بود. علاوه بر این یک مارپیچ با عمق ثابت در آن قرار داده شده بود به طوری که مارپیچ، داخل سیلندر مورد نظر می چرخید و یک قاب مستطیلی و یک چاقوی چرخان در انتهای مارپیچ وجود داشت. لازم به ذکر است که در این دستگاه یک آرد پاش و مخزن آرد جهت جلوگیری از چسبندگی خمیر طراحی گردید. نتایج مدل سازی انجام شده توسط این محققین بر روی سیستم فوق نشان داد که سرعت جریان و گشتاور به رطوبت محصول، درجه حرارت و میزان باز بودن مجرا بستگی دارد. در سرعت ثابت مارپیچ، هرچه میزان رطوبت خمیر و درجه باز بودن مجرا افزایش یافت بر سرعت جریان افزوده شد. علاوه بر این درجه حرارت اکستروژن (تزریق خمیر) با افزایش درجه باز بودن مجرا و میزان رطوبت کاهش یافت [۳].

بنابراین با توجه به نیاز جامعه به مکانیزه شدن سیستم های صنایع پخت، هدف از اجرای این تحقیق طراحی سیستم مناسب جهت تقسیم و چانه کردن خمیر به منظور استفاده در تولید انواع نان های مسطح، نیمه حجیم و حجیم و مقایسه اثر این سیستم طراحی شده با سیستم تقسیم کن پیستونی و

چانه کن مخروطی (کونیکال^۱) بر میزان حجم مخصوص، تخلخل، رنگ و بافت محصول نهایی (نان بربری نیمه حجیم) بود. همچنین در این طراحی سعی بر آن شد که سیستم مورد نظر ارزان قیمت، دقیق و قابل توسعه در صنعت باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مرحله طراحی و ساخت سیستم تقسیم و

چانه کن

در این پژوهش دستگاه تقسیم کننده و چانه کن خمیر به صورت توام طراحی شده است که از یک الکتروموتور نیرو می گیرد در حالی که نمونه های موجود در بازار سیستم تقسیم کن و چانه کن، هر یک مجموعه ای جداگانه دارند. اساس کار آن به این صورت می باشد که خمیر در مخزن توسط یک هلیس به سمت جلو رانده می شود و از مجرای نسبتاً کم قطریکه توسط یک دریچه قابل کنترل است، خارج می گردد. یک سیم نازک فولادی که قسمتی از هلیس چانه کن است، عمل برش خمیر را انجام می دهد. پس از آن خمیر توسط هلیس وارد سیلندری می شود که در خلاف جهت حرکت هلیس دوران می یابد. خمیر ضمن انتقال به انتهای سیلندر از تلاقی حرکت هلیس و سیلندر، گرد می گردد.

۲-۱-۱- اجزاء و قطعات دستگاه تقسیم کننده و

چانه کن خمیر

۲-۱-۱-۱- واحد تزریق خمیر

الف) مخزن خمیر

مخزن خمیر شبیه به یک قیف با قاعده مستطیل شکل و از جنس استیل ۳۰۴ (مخصوص مواد غذایی) بود و حجم تقریبی ۶۰ لیتر را دارد. با فرض اینکه دانسیته (جرم مخصوص) خمیر ۱/۲ گرم بر سانتی متر مکعب باشد، مخزن قادر است ۷۱ کیلوگرم خمیر را در خود ذخیره نماید (خمیر حاوی ۵/۵ درصد مخمر براساس وزن آرد و به ترتیب دارای زمان تخمیر اولیه، میانی و نهایی ۳۰، ۱۰ و ۴۵ دقیقه بود).

$$V = \frac{1}{4} \pi r^2 h [(49 \times 47/5) + (15 \times 12)] = 59550 \text{ cm}^3$$

$$\rho = W/V \text{ \& } W = \rho V = 1/2 \times 59550 = 71460 \text{ gr} = 71 \text{ kg}$$

1. Conical

که در آن :

V: حجم مخزن خمیر

p: دانسیته خمیر

W: ظرفیت وزنی مخزن خمیر

ب) استوانه مارپیچ تزریق خمیر

این قسمت با طول ۳۴/۵ و قطر قاعده ۱۵ سانتی متر به مخزن متصل بوده و سیلندر (پوسته خارجی) مارپیچ تزریق خمیر را تشکیل می دهد. جنس آن از استیل ۳۰۴ و دو طرف قاعده آن توسط صفحات دایره ای شکل بسته گردید. این صفحات به کمک اتصالات پیچی به دو طرف استوانه متصل شده و محل قرارگیری یاتاقان های هلیس تزریق خمیر بود. به علاوه متحرک بودن این قسمت امکان تخمیر کردن و شستشوی هلیس تزریق و استوانه را میسر می سازد.

با توجه به تغییر دانسیته خمیر در اثر تخمیر، این عدد برای خمیری حاوی ۰/۵ درصد مخمر خشک فعال و شرایط تخمیر ذکر شده اندازه گیری شد.

ج) مارپیچ تزریق خمیر

این مارپیچ با جنس تماماً استیل ۳۰۴ به قطر خارجی ۱۵ و طول ۳۴/۵ سانتی متر ساخته شد. گام آن ۱۰ سانتی متر و قطر محور وسط آن ۳۸ میلی متر می باشد. این واحد به صورت تئوری قادر بود در هر دور چرخش حجم ۱۶۵۴ سانتی متر مکعب از خمیر را انتقال دهد.

$$v = 10p \left[\left(\frac{15}{2} \right)^2 - \left(\frac{4.8}{2} \right)^2 \right] = 1654$$

دور مارپیچ با چرخ زنجیره ای انتخاب شده به عنوان پیش فرض بین ۱۷/۲۲ تا ۴۷/۳۷ دور در دقیقه [۴]، وزن تئوری خمیر انتقال یافته بین مقادیر ۳۴/۲ تا ۹۳/۸ کیلوگرم در دقیقه و دانسیته خمیر ۰/۰۰۱۲ کیلوگرم بر سانتی متر مکعب بود.

$$M_{\min} = 17/22 \times 1654 \times 0/0012 = 34/2 \text{ Kg/min}$$

$$M_{\max} = 47/37 \times 1654 \times 0/0012 = 93/8 \text{ Kg/min}$$

لازم به ذکر است که این مقادیر بدون در نظر گرفتن لغزش تسمه بین پولی های سر موتور و جعبه دنده و نیز در نظر گرفتن اینکه تمام حجم مارپیچ از خمیر پر شده و تماماً پمپاژ شده، محاسبه گردید.

د) مجرای خروجی خمیر

در انتهای استوانه تزریق خمیر و در قسمت پایین دستگاه (شکل ۱) یک لوله مخروطی شکل با قطر دهانه خروجی ۵ سانتی متر قرار گرفت. کاهش قطر در این قسمت با در نظر گرفتن قطر پوسته خارجی مارپیچ (۱۵ سانتی متر) باعث فشردگی خمیر و یکنواختی بهتر خمیر خروجی گردید. تغییر در دبی خروجی با فرض ثابت بودن دور مارپیچ تزریق خمیر به کمک یک شیر یا دریچه قابل تنظیم (از دریچه کاملاً بسته تا کاملاً باز (دهانه ۵ سانتی متر)) در میانه لوله دهانه خروجی خمیر میسر شد. این کار امکان تغییر وزن چانه را در سرعت ثابت سیستم چانه کن میسر ساخت.

۲-۱-۱-۲- واحد برش خمیر

به منظور برش خمیر از یک سیم نازک فولادی به عنوان سیم برش استفاده شد که سبب چسبیده شدن خمیر و افزایش ضایعات آن نمی شود. این سیستم به ابتدای مارپیچ چانه کن متصل گردید و در هر بار چرخش مارپیچ یکبار عملیات برش انجام شد (شکل ۱).



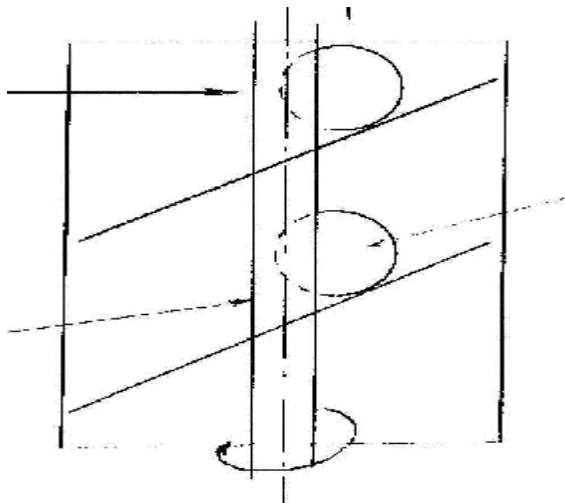
شکل ۱ شمایی از قسمت پایین دستگاه تقسیم کننده و چانه کن خمیر

۲-۱-۱-۳- واحد چانه کن

الف) مارپیچ تقسیم کننده و گردکننده خمیر

این مارپیچ وظیفه برش خمیر (به وسیله سیم برش متصل به آن) و انتقال چانه را در طول استوانه چرخان بر عهده داشت. به علاوه از درگیری خمیر با دیواره پره مارپیچ و سطح داخلی استوانه چرخان خمیر گرد گردید. این مجموعه از جنس استیل ۳۰۴ به قطر خارجی ۳۷، طول ۸۶ و گام ۲۵ سانتی متر بود. همچنین محور وسط آن یک لوله به قطر خارجی ۷/۳ سانتی متر بود که از آن به عنوان مخزن روغن استفاده گردید. سرعت این مارپیچ بین ۱۲/۲۴ تا ۳۳/۵۷ دور در دقیقه متغیر در نظر گرفته

منتقل می گردد. این غلتک ها ضمن اینکه پایه ای برای استقرار استوانه بودند، با چرخش و درگیری با رینگ های نصب شده بر روی استوانه، استوانه را نیز می چرخانند. استوانه چرخان با مقادیر ۱۲/۳ تا ۳۳/۷ دور در دقیقه و بدون احتساب لغزش بین تفلون و رینگ های آن و در خلاف جهت دوران داشت.



شکل ۲ شمایی از حرکت خمیر در استوانه چرخان

ج) سیستم روغن پاش

محور مارپیچ تقسیم و گردکننده خمیر، یک لوله توخالی به قطر داخلی ۵/۵ سانتی متر و طول ۸۶ سانتی متر است. این لوله از طریق سوراخ هایی تعبیه شده بر روی آن، روغن را در حین کار به داخل استوانه چرخان تزریق می نماید. این روغن از یک مجرای درپوش دار وارد لوله می گردد. حجم روغن داخل لوله ۱/۳۶۸ لیتر می باشد.

$$V = \pi r^2 L$$

که در آن r شعاع لوله و L طول آن است.

$$V = \pi (0.025)^2 \times 86 = 1.368 \text{ cm}^3$$

وجود این مقدار روغن ناچیز در داخل مجموعه گردکننده مانع از چسبیدن خمیر به دیواره استوانه و نیز پره های مارپیچ چانه کن خمیر می گردد.

۲-۱-۱-۴- واحد انتقال نیرو

کل مجموعه مکانیسم های دستگاه از یک الکتروموتور سه فاز با قدرت ۳ اسب بخار نیرو می گیرد. توان مورد نیاز با محاسبه شدت جریان لازم برای کار مجموعه توسط یک الکتروموتور قوی تر اندازه گیری می گردد. یک چرخ تسمه به قطر ۸ سانتی متر بر روی محور خروجی الکتروموتور نصب شده است

شد. لازم به ذکر است که در محاسبه سرعت دورانی فوق، لغزش بین پولی و تسمه رابط الکتروموتور و جعبه دنده در نظر گرفته نشد. این سرعت با توجه به اینکه سیم برش در هر دور چرخش مارپیچ یکبار عملیات برش را انجام داد، مصرف ظرفیت دستگاه بر حسب چانه در دقیقه بود. به عبارت دیگر دستگاه قادر بود بین ۱۲ تا ۳۳ برش در دقیقه انجام دهد. علاوه بر این چون مکانیسم تغییر تعداد چانه به کمک پولی متغییر در نظر گرفته شد بنابراین تغییرات بین ۱۲ تا ۳۳ برش در دقیقه پیوسته بوده و دستگاه توانست هر عددی را بین این دو انتخاب نماید.

جهت درگیری بهتر دیواره های مارپیچ یاد شده با استوانه چرخان، قسمت درگیر با خمیر به کمک تسمه های لاستیکی آج دار پوشیده شد. این تسمه ها کمی بلندتر از پره بوده و درزبندی دقیق تر بین مارپیچ و استوانه را میسر ساخت. درزبندی و مماس بودن مانع از چسبیدن خمیر به دیواره استوانه چرخان و یا گیر کردن و برش خمیر بین مارپیچ و استوانه شد. همچنین وجود آج در این قسمت به چرخش بهتر خمیر و در نتیجه گردشدن مطلوب تر چانه کمک نمود.

ب) استوانه چرخان

استوانه چرخان در واقع محفظه دور مارپیچ گردکننده است که خود حرکت دورانی دارد. در کلیه سیستم های گردکننده، خمیر در اثر مالش خمیر به یک سطح ثابت گرد می شود. به عبارت دقیق تر این عمل در اثر اختلاف برداری دو سرعت اعمال شده به خمیر، انجام می گیرد. در تمامی مکانیسم های موجود یکی از سرعت ها صفر است. در این مکانیسم منحصر به فرد که مشابه خارجی ندارد، هیچ کدام از سرعت ها و یا نیروهای وارده به خمیر صفر نمی باشد. مارپیچ همواره خمیر را به جلو هل می دهد و استوانه مایل به حرکت خمیر در راستای عمود بر محور مارپیچ می باشد. به علاوه مارپیچ و استوانه عکس یکدیگر در چرخش می باشند. این مسئله باعث گردید که مطابق شکل ۲ خمیر به خاطر سطح مورب و شیب دار مارپیچ، چرخش داشته و بهتر گرد شود.

لازم به ذکر است که استوانه چرخان از جنس استیل ۳۰۴ بوده و طول آن ۷۴ سانتی متر و قطر داخلی آن ۲۹/۵ سانتی متر می باشد. جهت چرخش استوانه در خلاف جهت چرخش هلیس بوده و نیروی خود را از موتور می گیرد. این نیرو به کمک زنجیر و چرخ زنجیر از جعبه دنده به غلتک های تفلون

زنجر C نیرو را به غلتک‌های تفلونی منتقل می‌نماید و تعداد دندانه‌های آن برابر ۱۵ است ($N_C = 15$). علاوه بر این چرخ زنجر d نیرو را به ماریچ تزریق خمیر منتقل می‌کند و تعداد دندانه‌های آن نیز برابر ۴۲ می‌باشد ($N_d = 42$).
در نتیجه:

$$n_{Amin} = 22/61 \text{ (دور در دقیقه)}$$

$$n_{cmin} = n_{amin} \times \frac{n_a}{n_c} = 22.61 \times \frac{32}{15} = 48.23$$

$$n_{dmin} = n_{amin} \times \frac{n_a}{n_b} = 22.61 \times \frac{32}{42} = 17.23 \text{ (rpm)}$$

$$n_{Amax} = 62/17 \text{ (rpm)}$$

$$n_{cmin} = n_{amin} \times \frac{n_a}{n_c} = 62.17 \times \frac{32}{15} = 132.62$$

$$n_{dmin} = n_{amin} \times \frac{n_a}{n_b} = 62.17 \times \frac{32}{42} = 47.37 \text{ (rpm)}$$

چرخ زنجرهای C (این چرخ زنجر دو عدد بود) از طریق محور مشترک، غلتک‌های تفلونی را می‌چرخاند. قطر این غلتک‌ها ۹/۴ سانتی‌متر است. از طرف دیگر این غلتک‌ها ضمن این‌که تکیه‌گاهی برای استوانه چرخان بودند، آن را به حرکت درمی‌آورند.

با توجه به قطرینگ درگیر استوانه ($dc = 3 \text{ cm}$) سرعت دورانی استوانه چرخان در حالت‌های حداقل و حداکثر برابر بود با:

$$n_{min} = 48.23 \times \frac{9.4}{37} = 12.25 \text{ (rpm)}$$

$$n_{max} = 132.63 \times \frac{9.4}{37} = 33.7 \text{ (rpm)}$$

چرخ زنجر B، نیرو را به چرخ زنجر E (عامل حرکت ماریچ تقسیم و چانه‌کن خمیر) منتقل می‌نماید. همچنین با توجه به اینکه تعداد دندانه‌های چرخ زنجر B برابر ۲۷ و تعداد دندانه‌های چرخ زنجر C برابر ۵۰ می‌باشد، مقادیر حداقل و حداکثر سرعت دورانی ماریچ تقسیم و چانه‌کن خمیر برابرند با:

که به کمک یک تسمه V شکل B نیرو را به یک چرخ تسمه متغیر با دامنه متغیر بین ۸ تا ۲۲ سانتی‌متر انتقال می‌دهد. نوع و تعداد تسمه با توجه به توان مورد نظر و نیز قطر چرخ تسمه و فاصله بین الکتروموتور و محور چرخ تسمه متغیر با استفاده از جداول طراحی تسمه انتخاب شد. الکتروموتور بر روی یک شاسی متغیر نصب گردید که امکان تغییر فاصله بین الکتروموتور و چرخ تسمه دیگر را فراهم می‌سازد. این عمل اجازه تغییر قطر مؤثر چرخ تسمه دور متغیر را داشت. چرخ تسمه متغیر بر روی محور ورودی جعبه دنده کاهنده VF، با نسبت کاهش دور ۲۳:۱ نصب شد. در نتیجه خروجی جعبه دنده با تغییر قطر چرخ تسمه دارای سرعت‌های دورانی زیر بود.

$$n_{gbmin} = n_m \times \frac{d_m}{d_{p1}} \times k$$

$$n_{gbmax} = n_m \times \frac{d_m}{d_{p2}} \times k$$

که در آن:

n_{gbmin} = حداقل سرعت دورانی خروجی جعبه دنده (دور در دقیقه)

n_{gbmax} = حداکثر سرعت دورانی خروجی جعبه دنده (دور در دقیقه)

n_m = سرعت دورانی الکتروموتور (دور در دقیقه)

d_m = قطر پولی سر الکتروموتور (سانتی‌متر)

d_{p1} = حداقل قطر چرخ تسمه متغیر (سانتی‌متر)

d_{p2} = حداکثر قطر چرخ تسمه متغیر (سانتی‌متر)

K = نسبت کاهش دور جعبه دنده

در نتیجه:

$$n_{gbmin} = 1430 \times \frac{8}{22} \times \frac{1}{23} = 22.61$$

$$n_{gbmax} = 1430 \times \frac{8}{8} \times \frac{1}{23} = 62.17$$

خروجی جعبه دنده دارای محوری است که بر روی آن دو چرخ زنجر برای انتقال نیرو به قسمت‌های مختلف دستگاه نصب گردیده است. زنجر با توجه به سرعت‌ها و توان مورد نیاز ANSI 40 انتخاب گردید.

چرخ زنجر A نصب شده بر روی محور خروجی جعبه دنده، نیرو را بین ماریچ تزریق خمیر و نیز استوانه چرخان منتقل نمود و تعداد دندانه‌های آن ۳۲ بود ($N_A = 32$). همچنین چرخ

نهایی به مدت ۴۵ دقیقه در گرمخانه با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد در بخار اشباع انجام شد. سپس عمل پخت در فر گردان با هوای داغ (ZuccihelliForni، ایتالیا) با دمای ۲۶۰ درجه سانتی گراد و مدت زمان ۱۳ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۷ و ۸].

۲-۲-۳- آزمون‌های کمی و کیفی محصول نهایی

* آزمون ارزیابی حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا^۳ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین شد [۸].

* آزمون ارزیابی میزان تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد (شکل ۴). بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت^۴، تصاویر سطح خاکستری^۵ ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی^۶، قسمت دودویی نرم افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت نان (میزان تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۹].

* آزمون ارزیابی رنگ مغز

آنالیز رنگ در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت (شکل ۳).

$$N_{\min} = 22.61 \times \frac{27}{50} = 12.21(\text{rpm})$$

$$N_{\max} = 62.17 \times \frac{27}{50} = 33.57(\text{rpm})$$

۲-۲- مرحله پخت محصول نهایی (نان بربری)

نیمه حجمی

۲-۲-۱- مواد

آرد گندم با درجه استخراج ۷۸ درصد و ویژگی‌های شیمیایی شامل رطوبت ۱۳/۰۶ درصد، پروتئین ۱۱/۸۴ درصد، چربی ۱/۵۱ درصد، فیبر ۰/۶۱ درصد، خاکستر ۰/۷۷ درصد، گلوتن خشک ۹/۳ درصد و عدد فالینگ ۴۰۲ از کارخانه آرد گل‌مکان (مشهد، ایران) خریداری گردید. به منظور تعیین ویژگی‌های شیمیایی آرد از آزمون AACC استفاده شد [۵]. همچنین مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سرویسیا^۲) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و به صورت بسته‌بندی وکیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران) و سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات (شکر، نمک و روغن) از شرکت‌های معتبر تهیه شدند.

۲-۲-۲- تولید نان

مراحل تولید نان مورد بررسی در این تحقیق (نان بربری نیمه حجمی) به صورت ذیل بود:

جهت تهیه خمیر نان، ۱۰۰ درصد آرد گندم، ۱ درصد مخمر خشک، ۱ درصد نمک، ۱ درصد شکر در مخزن همزن (مدل اسپیرال، ساخت کشور تایلند) با یکدیگر مخلوط شدند و آب مورد نیاز (براساس جذب آب فارینوگراف تا خط ۴۰۰ برابندر) به آن‌ها افزوده گردید [۶] و خمیر با ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد و ۱ درصد روغن در دقیقه ششم به فرمولاسیون اضافه گردید. پس از تهیه خمیر، تخمیر اولیه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد) صورت گرفت، سپس خمیر به قطعات ۲۵۰ گرمی با استفاده از تقسیم کن طراحی شده در این پژوهش و تقسیم‌کن پیستونی تقسیم گردید و پس از عمل چانه‌گیری با استفاده از چانه‌کن طراحی شده و چانه‌کن مخروطی (کونیکال) به مدت ۱۰-۸ دقیقه در دمای محیط به منظور سپری شدن زمان تخمیر میانی قرار گرفت. بعد از طی شدن این مرحله و فرم دادن خمیر، تخمیر

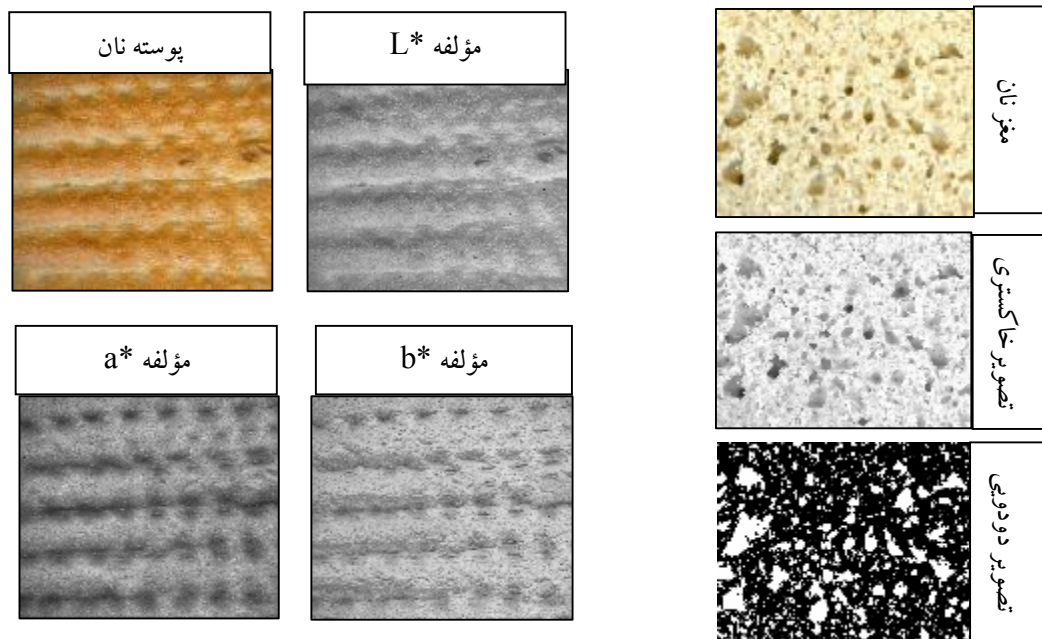
3. Rape seed displacement

4. Bit

5. Gray level images

6. Binary Images

2. S.cerevisiae



شکل ۴ نمونه تصویر تبدیل شده از پوسته و مغز نان به روش پردازش تصویر

* آزمون ارزیابی خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجبزاده انجام شد. ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده انتخاب گردیدند و سپس خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پائینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۱، ۲، ۲، ۳ و ۳ بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه ۲-۱ محاسبه گردید [۱].

رابطه ۲-۱

$Q = \text{پذیرش کلی (عدد کیفیت نان)} = P$ ، ضریب رتبه صفات و $G = \text{ضریب ارزیابی صفات}$.

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P}$$

۲-۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده در این پژوهش با استفاده از نرم افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از آزمون T-test در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های آبی و زرد را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می باشد. جهت اندازه گیری این شاخص ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص های فوق محاسبه شد [۱۰].

* آزمون ارزیابی بافت

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت سنج براساس روش پورفرزاد و همکاران انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه ای (۲ سانتی متر قطر در ۲/۳ سانتی متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی^۷ محاسبه گردید. نقطه شروع^۸ و نقطه هدف^۹ به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی متر بود [۱۱].

7. Hardness
8. Trigger Point
9. Target Value

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مرحله طراحی و ساخت سیستم تقسیم و

چانه کن

همانگونه که در قسمت مواد و روش‌ها ذکر شد اجرای این تحقیق منجر به ساخت دستگاه تقسیم‌کننده و چانه‌کن خمیر گردید. این دستگاه در ابتدا از جنس ورق آهن معمولی ساخته شد. علت این امر ارزیابی و تست مکانیسم‌های طراحی شده روی نمونه اولیه بود. همچنین در قسمت واحد تزریق خمیر در ابتدا ورودی مخزن به استوانه مارپیچ تزریق خمیر بزرگتر از میزان فعلی (۱۵ × ۱۲ سانتی‌متر) طراحی گردید. این امر موجب پس زدن خمیر به داخل مخزن شد. جهت جلوگیری از این مشکل، ورودی کوچکتر و در واقع طول استوانه مارپیچ تزریق بزرگتر انتخاب گردید.

همچنین خروجی استوانه یک لوله به قطر نهایی ۵ سانتی‌متر بود که در ابتدا این لوله در یک طرف جانبی استوانه بر روی آن متصل گردید. اما مشکلات ایجاد شده در زمان شستشو و عدم تخلیه کامل لوله از خمیر باعث تغییر محل استقرار لوله خروجی از پهلوی به قسمت تحتانی شد. تغییر دبی خروجی سیستم و یا به عبارت دیگر تغییر وزن چانه در یک دور برش به کمک یک شیر و بدون تغییر در دور مارپیچ تزریق میسر گردید. ابتدا این شیر از نوع فلکه‌ای انتخاب و نصب شد که به دلیل میزان ویسکوزیته خمیر مقدار افت خیلی زیاد بود. بنابراین از یک دریچه ساده از جنس استیل ۳۰۴ که قادر بود حول یکی از اقطارش دوران نماید به عنوان شیر تغییر وزن چانه استفاده گردید. این شیر قابلیت تغییر وزن چانه را در یک سرعت ثابت مارپیچ تزریق داد و خروجی سیستم بین صفر تا حداکثر (استفاده از تمام قطر لوله جهت انتقال خمیر) انتخاب شد.

در سیستم برش خمیر ابتدا طراحی به گونه‌ای بود که قسمتی از مارپیچ چانه‌کن وظیفه برش خمیر را به عهده داشت. اما در عمل مشاهده گردید که برش باید نسبتاً سریع و تیغه کمترین برخورد را به خمیر داشته باشد، چرا که در غیر این صورت خمیر به مارپیچ چسبیده و کار دستگاه با اشکال مواجه می‌شد. بنابراین جهت حل مشکل در طرح بعدی، برش خمیر توسط یک سیستم نازک فولادی انجام گرفت. این سیستم برش آسان‌تری را داشته و خمیر به صورت قطعاتی کاملاً مجزا برش داده شد.

جهت جلوگیری از چسبیدن خمیر به پره‌های استوانه چانه‌کن و نیز استوانه چرخان از آرد و در طرح نهایی از روغن استفاده گردید. همچنین جهت چرخش بهتر خمیر در واحد چانه‌کن، در طرح اولیه داخل لوله یا استوانه چرخان توسط جوش مضرس گردید. اما در طرح نهایی لاستیک‌های آج‌دار این عمل را به عهده گرفتند.



شکل ۴ دستگاه تقسیم‌کننده و چانه‌کن خمیر

۳-۲- مرحله پخت محصول نهایی و مقایسه دو

نوع دستگاه

۳-۲-۱- حجم مخصوص

نتایج ارزیابی میزان حجم مخصوص در جدول ۱ آورده شده است. نتایج به وضوح نشان داد بین دو نمونه تولیدی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود نداشت.

۳-۲-۲- تخلخل

نتایج این بخش که در جدول ۱ ارائه گردیده است، نشان داد که بین نمونه‌های تولیدی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. به طوری که نمونه ۲ از میزان تخلخل بیشتری نسبت به نمونه ۱ برخوردار بود. علت افزایش میزان تخلخل نمونه ۲ نسبت به نمونه ۱ می‌تواند پخش یکنواخت‌تر و ریزتر حباب‌های هوا در این نمونه باشد که یکی از دلایل آن موفقیت سیستم تقسیم و چانه‌کن طراحی شده نسبت به تقسیم‌کن پیستونی و چانه‌کن مخروطی (کونیکال) است.

جدول ۱ تأثیر نوع تقسیم‌کن و چانه‌کن بر میزان سفتی، حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های نان بربری

تیمار *	آزمون‌های فیزیکوشیمیایی		تخلخل		حجم مخصوص		سفتی (نیوتن)	
	(درصد)		(میلی‌لیتر/گرم)		۳ روز پس از پخت		۲ ساعت پس از پخت	
۱	20.93 ± 1.05^b		3.74 ± 0.32^a		37.41 ± 5.64^a		20.85 ± 3.09^a	
۲	23.79 ± 1.13^a		3.69 ± 0.25^a		37.18 ± 3.80^a		21.20 ± 2.17^a	

* تیمار ۱: نمونه تولیدی با تقسیم‌کن پیستونی و چانه‌کن مخروطی (کونیکال)

تیمار ۲: نمونه تولیدی با تقسیم‌کن و چانه‌کن طراحی شده

جدول ۲ تأثیر نوع تقسیم‌کن و چانه‌کن بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته نمونه‌های نان بربری

تیمار *	مؤلفه‌های رنگی مغز		
	L*	a*	b*
۱	54.22 ± 3.04^b	4.19 ± 0.41^a	20.13 ± 1.17^b
۲	60.17 ± 2.11^a	2.34 ± 0.67^b	24.68 ± 2.01^a

* تیمار ۱: نمونه تولیدی با تقسیم‌کن پیستونی و چانه‌کن مخروطی (کونیکال)

تیمار ۲: نمونه تولیدی با تقسیم‌کن و چانه‌کن طراحی شده

۳-۲-۳- سفتی

با بررسی نتایج حاصل از ارزیابی میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی در هر دو بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ روز پس از پخت که در جدول ۱ آورده شده است، مشخص گردید که اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین نمونه‌ها وجود نداشت. این در حالی بود که در طول زمان نگهداری بر میزان سفتی نمونه‌ها افزوده گردید. به طور کل بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر برگشت به عقب (رتروگراداسیون) آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است [۱۲ و ۱۳]. با مشاهده عدم اختلاف معنی‌دار بین میزان سفتی دو نمونه تولیدی در هر دو بازه زمانی می‌توان نتیجه گرفت که سیستم تقسیم‌کن و چانه‌کن طراحی شده و سیستم تقسیم‌کن پیستونی و چانه‌کن مخروطی (کونیکال) به کار رفته در این پژوهش به یک اندازه در میزان سفتی بافت محصول دخیل بوده‌اند که این خود می‌تواند دلیلی بر موفقیت سیستم طراحی شده باشد زیرا این سیستم که بسیار ارزان قیمت بوده و با هزینه‌ای اندک طراحی گردیده است، اثر مشابهی با سیستم‌های متداول موجود در بازار داشت.

۴-۲-۳- رنگ مغز

نتایج ارزیابی مؤلفه‌های رنگی این پژوهش نشان داد که میزان مؤلفه L^* و b^* نمونه ۲ به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد از نمونه ۱ بیشتر بود. در حالیکه این نمونه میزان مؤلفه a^* کمتری نسبت به نمونه ۱ داشت. به نظر می‌رسد مشاهده رنگ روشن‌تر و سفیدتر در نمونه ۲ نسبت به نمونه ۱ به دلیل پخش یکنواخت‌تر حباب‌های هوا، ایجاد سطحی هموار و یکدست‌تر و در نتیجه انعکاس بیشتر نور از سطح مغز نمونه باشد. در این زمینه پورلیس (Purlis) و سالوادوری (Salvadori) بیان نمودند که تغییرات سطح نان، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در افزایش روشنایی و سفیدی محصول دارند [۱۴].

۵-۲-۳- پذیرش کلی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های تولیدی که در قالب پذیرش کلی در شکل ۵ گزارش گردیده است، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان نداد. این امر نشان‌دهنده موفقیت سیستم طراحی شده اثرگذاری قابل قبول آن بر ویژگی‌های حسی (فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پائینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت

- 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [6] Maleki, M., Vetter, J. L., & Hoover, W. J. 1981. The effect of emulsifiers, sugar, shortening and soya flour on the staling of Barbari flat bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(12), 1209-1212.
- [7] Cauvain, S. P. and Young, L. S. 1998. *Technology of bread making* Blackie Academic & Professional. London.
- [8] Sahraian, B., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., and Naghipour, F. 2012. Formulation gluten free bread by CMC and Lallemandia royleana gum. National Conference in Food Industries. Islamic Azad University, Quchan branch [in Persian].
- [9] Haralick, R. M., K. Shanmugam, and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [10] Sun, D. 2008. *Computer vision technology for food quality evaluation*. Academic Press, New York.
- [11] Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., & Razavizadegan Jahromi, S.H. 2009. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34: 1435-1445.
- [12] Ebrahimpour, N., Peighambaroust, SH., Azadmard-Damirchi, S., and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of incorporating different hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. *Journal of Food Research*, Vol. 20.3. No. 1 [in Persian].
- [13] Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M., and Huber, C. S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
- [14] Purlis, E and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.

جویدن و بو، طعم و مزه) نمونه ۲ است که در نهایت منجر به عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار با نمونه ۱ گردید.



شکل ۵ تأثیر نوع تقسیم‌کن و چانه‌کن بر میزان پذیرش کلی نمونه‌های نان بربری در آزمون حسی

۴- منابع

- [1] Rajabzadeh, N. 2010. *Bread production technology and management*. Tehran University Publications Institute [in Persian].
- [2] Karimi, M., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., Naghipour, F. and Sahraian, B. 2012. Investigation on the available breadmaking equipment and optimizing them for producing fortified breads. Final Research Report of Agricultural Engineering Research Institute [in Persian].
- [3] Sridhar, B. sh. and Manohbar, B. 2001. Flow modeling of Continous Indian unleavened flat bread (Chapatis) former. *J. Food Engineering* 50: 19-24.
- [4] Karmi, M., Sheikholeslami, Z. 1998. Designing and making of dough sheeter for tunnel oven to produce flat bread. Final Research Report of Agricultural Engineering Research Institute [in Persian].
- [5] AACC. 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*,

Design, construction, and evaluation of divider and rounder for Iranian bread dough

Karimi, M.¹, Sheikholeslami, Z.¹, Naghipour, F.², Sahraiyani, B.^{2*},
Ghiafeh Davoodi, M.¹

1. Assistant Professor, Agriculture and Natural Resource Research Center. Khorasan-e-Razavi, Mashhad.

2. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 90/10/23 Accepted: 91/9/20)

Today, with the growing population and increased demand for food production requires a high degree of community based and designed for industrial bread production line is felt. Preparing the dough by kneading and then dividing by hand could impact on the quality of the final product. So in this research one composite divider and rounder designed and tested and compared with piston dividing and rounding by conical rounder. The effect of this machine on texture, specific volume, color and total acceptance of Barbari bread was investigated. Results showed that dough injection by screw for dividing of Iranian loose dough was proper and could preserve CO₂ of dough. After dividing dough cylindrical rounder use for rounding. Finally the characteristics of bread made from this machine and piston divider and conical rounder were compared. Results showed that in both treatments specific volume, texture and total acceptance had no significant difference. But porosity, L* and b* in treatment which made with piston divider and conical rounder were less and a* was higher in this system that can be one of the advantages of designed machine in compare with piston divider and conical rounder.

Key words: Bread, Divider, Rounder, Texture, Porosity.

* Corresponding Author E-mail Address: baharehsahraiyani@yahoo.com