

بررسی و مدل‌سازی پیش‌بینی خواص فیزیکوشیمیایی نان باگت غنی‌سازی شده با پودر هسته خرما با استفاده از منطق فازی

معصومه مقیمی*

گروه شیمی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۲)

چکیده

امروزه تولید محصولات پری‌بیوتیکی از جایگاه خاصی برخوردار شده است. یکی از مواد پری‌بیوتیکی رایج که امروزه در اکثر غذاها استفاده می‌شود پودر هسته خرما می‌باشد. در این پژوهش جهت اندازه‌گیری دقیق و سریع خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان باگت حاوی ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پودر هسته خرما از مدل‌سازی فازی استفاده شد. با افزایش مقدار پودر هسته خرما در فرمولاسیون نان باگت، رطوبت، سفتی بافت و مولفه‌ی L^* نمونه‌های تولیدی افزایش ولی فعالیت آبی، تخلخل، حجم مخصوص و شاخص a^* کاهش یافت و در مولفه‌ی b^* تغییری ایجاد نشد. در محدوده ۰ تا ۱۵ درصد پودر هسته خرما مدل منطق فازی ایجاد شده به عنوان یک سیستم کارشناس، با دقت و سرعت بسیار بالا قادر به پیشگویی و تعیین ویژگی‌های مختلف به عنوان فاکتوری از درصد پودر هسته خرمای محصول بود. این سیستم قادر خواهد بود، مقدار هر یک از این ویژگی‌های خروجی مورد نظر را در هر درصد دلخواه در محدوده‌ی ۰ تا ۱۵ درصد با دقت بسیار بالا و در کسری از ثانیه بدست آورد.

کلید واژگان: منطق فازی، نان باگت، پودر هسته خرما

*مسئول مکاتبات: moghimi_m52@yahoo.com

۱- مقدمه

در دهه اخیر شاهد تغییرات چشمگیری در درک نقش غذاها در ارتقای سطح سلامت انسان می‌باشیم. پیشرفت‌های علمی و دستیابی به نتایج قابل توجه سبب گردیده تا مصرف کنندگان نیز به نقش غذاها در بهبود کیفیت زندگی علاقه‌مند شوند. در این راستا فناوری مواد غذایی به سمت تولید غذاها با کیفیت بالاتر و ارزش تغذیه‌ای بیشتر سوق پیدا کرده است [۸].

امروزه با توجه به محدودیت منابع و عدم امکانات تأمین مواد غذایی می‌بایست جهت رفع نیازهای تغذیه‌ای مردم به‌ویژه اقشار کم درآمد از ساده‌ترین روش جهت تأمین مواد مورد نیاز آنها استفاده گردد. در ایران نان اصلی‌ترین منبع غذایی مردم می‌باشد و بحث ارتقاء کیفی و تغذیه‌ای نان همواره یکی از معضلات جامعه ماطی سال‌های اخیر بوده است. یکی از این روش‌ها جهت تأمین مواد مورد نیاز مردم تهیه نان‌های مخصوص و غنی‌شده با پروتئین، املاح و ویتامین‌ها می‌باشد [۲۰]. از طرفی ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان خرما است و میزان ضایعات این محصول در کشور به دلیل عدم بهره‌وری مناسب بسیار بالا می‌باشد. بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که با انجام فرآیندهای مختلف میزان ضایعات این میوه با ارزش را کمتر کرد. هسته خرما بسته به کیفیت و نوع خرما شامل ۶ الی ۱۲ درصد وزن کل خرما را تشکیل داده است. مقدار تولید خرما در جهان در سال ۲۰۰۴ به حدود ۶/۹ میلیون تن رسید که از این مقدار حدوداً ۸۶۳ هزار تن هسته خرما به‌دست آمد [۴]. زمانی که خرما در کارخانه‌جات بسته‌بندی و یا صنایع فرآوری خرما، جهت استخراج قند و شیره خرما استفاده می‌شود هسته آن جزء ضایعات محسوب می‌شود. بر اساس یافته‌های محققان ترکیبات هسته خرما شامل ۳ تا ۷ درصد رطوبت، ۲/۳ الی ۶/۴ درصد پروتئین، ۵ الی ۱۳/۲ درصد چربی، ۰/۹ الی ۱/۸ درصد خاکستر و ۲۲/۵ الی ۸۰/۲ درصد فیبر رژیمی می‌باشد [۷].

اخیراً حضور مقادیر بالای فیبر و تانن، نشاسته مقاوم و مواد دیگری از قبیل سلنیوم در هسته خرما توسط محققان تایید شده است. بعضی از انواع پری‌بیوتیک‌ها همانند نشاسته مقاوم علاوه بر خواص سودمند، پری‌بیوتیکی دارای خاصیت اصلاح‌کنندگی بافت در محصولات غذایی بر پایه غلات می‌باشد. کاربرد نشاسته

مقاوم بیشتر مربوط به غذاهایی با رطوبت کم (مثل ماکارونی یا نان) می‌باشد [۲۸]. همچنین هسته خرما حاوی سطح بالایی از ترکیبات فنولیک، آنتی‌اکسیدانی و فیبر رژیمی می‌باشد [۳]. دلایلی از قبیل از دست رفتن مقدار زیادی از این ترکیب به عنوان ضایعات و از طرفی به خاطر ارزش تغذیه‌ای بالای آن، سبب شده است که هسته خرما به یک ترکیب محتوی فیبر رژیمی مناسب برای غنی‌سازی غذاها تبدیل شود [۴]. اثرات مفید مصرف فیبرها در محافظت بدن در برابر بیماری‌ها و سرطان، عادی‌سازی چربی خون، تنظیم جذب گلوکز و ترشح انسولین و جلوگیری از بیماری یبوست محققان را به مطالعه ویژگی‌های منابع مختلف فیبرهای رژیمی سوق داده است [۲ و ۱۳]. فیبرهای رژیمی همراه با لیگنین و ترکیبات پلی‌ساکاریدی گیاهان که توسط آنزیم‌های روده‌ای بدن انسان غیر قابل هضم هستند شناخته می‌شوند [۲۴]. در بررسی‌های ساهان و همکاران [۲۲]، به ارزیابی حسی و بافتی کلوچه‌های (کوکی) غنی شده با آرد سنجد پرداخته شد. در این تحقیق دو نوع آرد در نظر گرفته شد، آرد بدست آمده از مزوکارپ میوه سنجد (OMF) و همچنین آرد بدست آمده از پری کارپ میوه سنجد (OMFP)، تیمارهای مورد استفاده نیز درصدهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ از آرد سنجد بود. نتایج آن‌ها نشان داد که غنی‌سازی آرد گندم با آرد سنجد، محتوای فیبر خام را افزایش و کالری کلوچه‌های تولیدی را کاهش می‌دهد. در عین اینکه استفاده از این آرد موجب تیرگی سطح نمونه می‌شود. همچنین سانفول و دارکو [۲۳] به تولید و ارزیابی کیک تولیدی حاصل از مخلوط آرد گندم، کاساوا و کوکویام^۱ پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که در ارزیابی‌های حسی، رنگ نمونه‌ها در مقایسه با نمونه‌ی شاهد (فاقد آرد کاساوا و کوکویام) از خود کاهش نشان داد و مقبولیت کمتری داشت و نهایتاً بیان داشتند که جایگزینی ۳۰ درصدی آرد (مخلوط کوکویام و کاساوا) بدون تاثیر منفی بر خصوصیات حسی، می‌تواند در تهیه کیک مورد استفاده قرار گیرد. در صنعت غذا کمبود سنسورهایی که بتوانند اطلاعات دقیق را از فرایند تولید برای تصمیم‌گیری در اختیار سیستم‌های کنترل قرار دهند بدیهی و مشهود می‌باشد [۲۶]. از آنجایی که این کنترل‌ها از نکات کلیدی و غیرقابل انکار در این

1. Cocoyam

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه نان فانتزی

ابتدا پودر هسته خرما به نسبت مورد نیاز با آرد مصرفی توسط یک همزن برقی مخلوط گردید. به منظور پخت نان باگت مواد اولیه با نسبت ۱۰۰ درصد آرد، آب متناسب و به مقدار نیاز، یک درصد نمک و یک درصد مایه خمیر مخلوط شد. اختلاط خمیر ۱۰ دقیقه به طول انجامید. در تحقیق حاضر به منظور اختلاط خمیر از دستگاه مخلوط‌کن اسپیرال و از چانه‌های ۱۵۰ گرمی استفاده شد و عمل پخت به مدت ۲۵ تا ۳۰ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد توسط فر الکتریکی مدل کارل ولکرگ^۱ (ساخت آلمان) انجام گردید. سپس نان‌های تولیدی سرد و در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند و در نهایت خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصولات تولید شده (در سه تکرار) مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۴].

۲-۲-۲- خصوصیات شیمیایی آرد گندم

به دلیل اینکه آرد بخش عمده مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون را شامل می‌شود، بدیهی است که هر گونه تغییری در ویژگی‌های آن منجر به ایجاد تغییرات قابل ملاحظه‌ای در محصول می‌شود. بنابراین خصوصیات شیمیایی آرد شامل میزان رطوبت، پروتئین، خاکستر، چربی، گلوتن مرطوب و عدد فالینگ آن بر اساس روش‌های استاندارد (۲۰۰۰) AACC اندازه‌گیری شد [۱].

۲-۲-۳- اندازه‌گیری میزان رطوبت نان باگت

میزان رطوبت محصولات تولیدی بر اساس استاندارد (۲۰۰۰) AACC اندازه‌گیری شد [۱].

۲-۲-۴- اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی نان باگت

فعالیت آبی هریک از تیمارها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی^۲ (مدل Lab Touch، ساخت کشور انگلستان) در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید [۱].

۲-۲-۴- اندازه‌گیری میزان حجم مخصوص

صنعت می‌باشند، بسیار حیاتی است که بدنبال ایجاد روشی‌هایی برای غلبه بر این کمبود و نقص در سیستم‌های کنترل و نظارت بر فرایندها باشیم. این سیستم‌های کنترلی باید قادر باشند ویژگی‌های مورد نظر را در حین تولید محصول اندازه‌گیری کرده و این اطلاعات را جمع‌آوری کرده و به اتاق کنترل انتقال دهند [۱۸]. ورما و همکارانش در سال ۱۹۹۵ جهت ارزیابی کیفیت گوجه‌فرنگی بر اساس مشخصاتی مانند رنگ، اندازه، شکل و سختی آن از مدل فازی بهره گرفتند و مدلی جهت پیش‌بینی کیفیت محصول و همچنین زمان برداشت گوجه ارائه کردند [۲۷]. داویدسون و همکارانش در سال ۲۰۰۱ از مدلسازی فازی جهت ارائه سیستم نظارتی اتوماتیک بر اساس تعدادی از مشخصات فیزیکی شکلات استفاده کردند [۶]. با توجه به مطالب گفته شده در خصوص اهمیت ارتقاء کیفی نان و مزایای استفاده از هسته خرما، هدف از این پژوهش ارائه مدلی قدرتمند و کاربردی جهت پیش‌بینی خصوصیات نان باگت حاوی پودر هسته خرما با دقت بسیار بالا و در زمانی بسیار کوتاه می‌باشد که می‌تواند جهت کنترل و مدیریت مراحل مختلف تولید همچنین فراوری این محصول بکار گرفته شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در ابتدا هسته‌های خرما از کارگاه‌های محلی تهیه شیره خرما خریداری شد و با آب مورد شستشو قرار گرفت. سپس هسته‌های شسته شده در خشک‌کن خشک شده و در مرحله‌ی بعد به کمک آسیاب چکشی به پودر تبدیل و به‌منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شد. در این پژوهش آرد ستاره با درجه استخراج ۸۳ درصد، از کارخانه آرد گلمکان (مشهد، ایران) خریداری گردید. آب مورد نیاز از آب لوله‌کشی شهری، نمک طعام تصفیه شده و مخمر فعال ساخت شرکت رضوی ساخت شرکت رضوی از بازار محلی تهیه شد. مقدار آرد مصرف شده برای تهیه هر بچ تولید ۱۰۰۰ گرم می‌باشد. نمک به مقدار ۱ درصد و مخمر به مقدار ۱ درصد توزین و به فرمولاسیون اضافه گردید. پودر هسته خرما در ۶ سطح ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ درصد بر حسب وزن آرد اضافه شد.

1. Karl Welkerkg
2. Water activity meter

۲-۲-۷- ارزیابی میزان تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار **Image J** قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت^۲، تصاویر سطح خاکستری^۳ ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی^۴، قسمت دودویی نرم‌افزار 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 برآورد می‌شود. در عمل با فعال کردن قسمت **Analysis** نرم افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۹ و ۲۹].

۲-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی با

استفاده از منطق فازی

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار **Mstat-c** نسخه ۱/۴۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. هریک از نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد ($P < 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفت.

همچنین به منظور تعیین همزمان خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان باگت با استفاده از محتوای پودر هسته خرما محصول از سیستم فازی بهره گرفته شد. طراحی و تنظیم این سیستم در نرم افزار متلب^۵ و با استفاده از قسمت **Fuzzy Logic** آن انجام شد. ورودی این سیستم فازی درصد پودر هسته خرما و خروجی آن مقدار رطوبت، مقدار فعالیت آبی، حجم مخصوص (میلی لیتر بر گرم)، تخلخل، سفتی بافت پس از ۲ ساعت پخت، سفتی بافت پس از یک هفته پخت و شاخص‌های رنگی شامل L^* ، a^* و b^* بود. در جدول ۱ ورودی و خروجی‌های استفاده شده در این پژوهش همراه با نمادهایی که برای نمایش آنها استفاده گردیده لیست شده است. از تابع عضویت مثلثی برای تنظیم تغییرات بهره گرفته شد. یک تابع عضویت مثلثی با سه پارامتر $\{a, b, c\}$ به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود [۱۰].

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نان از روش جایجایی با دانه ارزن مطابق آزمون (۲۰۰۰) **AACC** به شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد 3^*3^*3 سانتی‌متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین گردید [۱].

۲-۲-۵- ارزیابی بافت

ارزیابی بافت نان باگت در فاصله زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل-**TA** **XT2Stable Micro Systems Ltd** ساخت انگلستان) براساس روش روندا و همکاران [۲۱] انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، بعنوان شاخص سفتی^۱ محاسبه گردید.

۲-۲-۶- پردازش تصویر

۲-۶-۱- تصویربرداری

از هر سری پخت در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، سه نمونه نان بطور تصادفی انتخاب، قطعات ۳ در ۳ سانتی‌متر با استفاده از یک چاقوی اره‌ای که آسیبی به بافت و ساختار داخلی نان وارد نگردد، از آن جدا و تصویرگیری از برش طولی و پوسته انجام شد. تصویرگیری با استفاده از دستگاه اسکنر (مدل **HP Scanjet Deskjet D1050**) با وضوح ۳۰۰ پیکسل انجام گردید. تصاویر با فرمت **JPEG** و در فضای رنگی **RGB** ذخیره شدند [۲۹].

۲-۲-۶-۲- ارزیابی رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته نان از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها تصاویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار **Image J** قرار گرفت. با فعال کردن فضای **LAB** در بخش **Plugins**، مؤلفه‌های فوق محاسبه شدند [۲۵].

2. Bit
3. Gray Level Images
4. Binary Images
5. MATLAB R2013a

1. Hardness

(VH) و خیلی خیلی زیاد (VVH) به ترتیب با محدوده‌های (۰-۳/۵)، (۳/۵-۷-۳/۵)، (۷-۳/۵-۹/۵-۶)، (۹/۵-۸/۵-۱۲)، (۱۲-۸/۵-۱۱-۱۴/۵) و (۱۴/۵-۱۷-۱۳/۵) در نظر گرفته شد.

$$\text{triangle}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & c \leq x \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

همچنین توابع عضویت متغیرهای خروجی به طریق مشابه، طبق جدول ۲ تعریف شد.

Table 1 Symbols of inputs and output in fuzzy model

| Input and output | Symbol |
|----------------------------|--------|
| Date seed powder | D |
| Moisture content (%) | M |
| Water activity | Aw |
| Specific volume (ml/g) | V |
| Porosity (%) | P |
| Firmness (2h after baking) | H1 |
| Firmness (2h after baking) | H2 |
| L* value | L |
| a* value | a |
| b* value | b |

جهت نوشتن قواعد فازی، برای متغیر ورودی شش تابع عضویت خیلی کم (VL)، کم (L)، متوسط (M)، زیاد (H)، خیلی زیاد

Table 2 Triangular shaped membership function of Fuzzy model outputs

| Variables | Type of functions | Limitation of membership functions | | | Variables | Type of functions | Limitation of membership functions | | |
|-----------|-------------------|------------------------------------|-------|-------|-----------|-------------------|------------------------------------|-------|-------|
| M | VL | 23.5 | 25 | 26.5 | H2 | VL | 12.20 | 14.70 | 17.20 |
| | L | 23.94 | 25.44 | 26.94 | | L | 12.80 | 15.30 | 17.80 |
| | M | 24.38 | 25.88 | 27.38 | | M | 13.40 | 15.90 | 18.40 |
| | H | 24.80 | 26.30 | 27.80 | | H | 13.59 | 16.09 | 18.59 |
| | VH | 25.37 | 26.87 | 28.37 | | VH | 13.63 | 16.13 | 18.63 |
| | VVH | 28.00 | 29.50 | 31.00 | VVH | 16.09 | 18.59 | 21.09 | |
| aw | VL | 0.640 | 0.710 | 0.780 | L | VL | 12.87 | 14.37 | 15.87 |
| | L | 0.662 | 0.732 | 0.802 | | L | 14.40 | 15.90 | 17.40 |
| | M | 0.689 | 0.759 | 0.829 | | M | 14.80 | 16.30 | 17.80 |
| | H | 0.709 | 0.779 | 0.849 | | H | 15.50 | 17.00 | 18.50 |
| | VH | 0.740 | 0.810 | 0.880 | | VH | 16.04 | 17.54 | 19.04 |
| | VVH | 0.780 | 0.850 | 0.920 | VVH | 16.99 | 18.49 | 19.99 | |
| V | VL | 0.80 | 1.11 | 1.40 | a | VL | 10.28 | 10.33 | 10.36 |
| | L | 1.00 | 1.30 | 1.60 | | L | 10.47 | 10.51 | 10.55 |
| | M | 1.13 | 1.43 | 1.73 | | M | 10.56 | 10.60 | 10.64 |
| | H | 1.33 | 1.63 | 1.93 | | H | 10.64 | 10.68 | 10.72 |
| | VH | 1.35 | 1.65 | 1.95 | | VH | 10.75 | 10.79 | 10.83 |
| | VVH | 1.41 | 1.71 | 2.01 | VVH | 10.83 | 10.87 | 10.91 | |
| P | VL | 6.59 | 8.59 | 10.59 | b | VL | 18.00 | 18.01 | 18.02 |
| | L | 9.54 | 11.54 | 13.54 | | L | 18.14 | 18.15 | 18.16 |
| | M | 10.70 | 12.70 | 14.70 | | M | 18.19 | 18.20 | 18.21 |
| | H | 11.77 | 13.77 | 15.77 | | H | 18.22 | 18.23 | 18.24 |
| | VH | 12.09 | 14.09 | 16.09 | | VH | 18.29 | 18.30 | 18.31 |
| | VVH | 12.37 | 14.37 | 16.37 | VVH | 18.32 | 18.33 | 18.34 | |
| H1 | VL | 8.20 | 9.20 | 10.20 | | | | | |
| | L | 8.34 | 9.34 | 10.34 | | | | | |
| | M | 8.50 | 9.50 | 10.50 | | | | | |
| | H | 9.17 | 10.17 | 11.17 | | | | | |
| | VH | 9.33 | 10.33 | 11.33 | | | | | |
| | VVH | 10.76 | 11.76 | 12.76 | | | | | |

موجود در پودر هسته خرما (مانند فیبرها و پروتئین‌ها) با حفظ آب در شبکه خود باعث تقویت خمیر می‌شوند که این امر مطابق نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. از طرف دیگر حضور پودر هسته خرما در فرمولاسیون نان باگت سبب کاهش فعالیت آبی نمونه‌های تولیدی شد. در راستای کاهش میزان فعالیت آبی در فرمولاسیون مواد غذایی پیزا و همکاران [۱۷] و خلیلیان و همکاران [۱۱] نتایج مشابهی را گزارش نمودند که چنانچوتی [۵] علت این امر را تشکیل شبکه ژلی و محصور شدن آب در آن و بالطبع کاهش تماس با مولکول‌های قطبی آب دانست. همچنین عنوان نمود در این حالت رطوبت (آب آزاد) ماده غذایی تولیدی افزایش و فعالیت آبی آن کاهش می‌یابد. افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون نان باگت همچنین باعث افزایش سفتی بافت در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت و یک هفته پس از پخت به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد شد. به احتمال زیاد علت این امر، تشکیل کامل شبکه گلوتن و سفت شدن بافت محصول نهایی پس از پخت می‌باشد. افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون نان باگت، حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی را به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش داد. به نظر می‌رسد پودر هسته خرما از توانایی استحکام بخشیدن به دیواره سلول‌های گازی و ممانعت از پاره شدن آن‌ها برخوردار است. نقی‌پور و همکاران [۱۶] عنوان نمودند باید دقت نمود که استحکام بخشیدن به دیواره سلول‌های هوای ورودی چندان زیاد نباشد که از انبساط آن‌ها در طی پخت جلوگیری به عمل آورد و مانع از افزایش حجم و سبب فشردگی بیش از اندازه بافت محصول نهایی شود. در پژوهش حاضر نیز سطوح بالای پودر هسته خرما سبب ایجاد همین مشکل در نان شده است. تخلخل نان باگت نیز با افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافت. به طور کل میزان تخلخل در ارتباط مستقیم با تعداد سلول‌های گازی و مهم‌تر از آن توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول می‌باشد [۳۰]. در این راستا لاگونا و همکاران [۱۲] به بررسی اثر صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به عنوان جایگزین ۳۰-۱۵ درصد چربی موجود در فرمولاسیون اولیه بیسکوئیت پرداختند و در نهایت عنوان کردند که استفاده از صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تنها قابلیت جایگزینی با ۱۵ درصد چربی را داشت و با افزایش جایگزینی

روابط ۲-۷ مدل ممدانی با یک ورودی و نه خروجی را در قالب ۶ قاعده اگر-آنگاه نشان می‌دهد:

رابطه (۲) If (D is VL) then (M is VL)(aw is VVH)(V is VVH)(P is VVH)(H1 is VL)(H2 is VL)(L is VL)(a is VVH)(b is VVH)

رابطه (۳) If (D is L) then (M is L)(aw is VH)(V is VH)(P is VH)(H1 is L)(H2 is L)(L is L)(a is VH)(b is VH)

رابطه (۴) If (D is M) then (M is M)(aw is H)(V is H)(P is H)(H1 is M)(H2 is M)(L is M)(a is H)(b is H)

رابطه (۵) If (D is H) then (M is H)(aw is M)(V is M)(P is M)(H1 is H)(H2 is H)(L is H)(a is M)(b is M)

رابطه (۶) If (D is VH) then (M is VH)(aw is L)(V is L)(P is L)(H1 is VH)(H2 is VH)(L is VH)(a is L)(b is L)

رابطه (۷) If (D is VVH) then (M is VVH)(aw is VL)(V is VL)(P is VL)(H1 is VVH)(H2 is VVH)(L is VVH)(a is VL)(b is VL)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات کیفی آرد

خصوصیات مورد اندازه‌گیری آرد مصرفی در جدول ۳ آمده است.

Table 3 Chemical properties of flour

| Chemical properties | Amount |
|---------------------|--------|
| Moisture (%) | 13.6 |
| Protein (%) | 10.3 |
| Ash (%) | 0.64 |
| Fat (%) | 3.25 |
| Gluten (%) | 26.7 |
| Falling number (S) | 402 |

۳-۲- بررسی تغییرات خصوصیات نان باگت با

افزودن پودر هسته خرما

با افزایش سطح پودر هسته خرما در فرمولاسیون اولیه نان باگت بر میزان رطوبت به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزوده شد. مجذوبی و همکاران [۱۵] عنوان نمودند که هیدروکلویدهای

سطوح چین دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه‌ی *L دارند. همچنین در راستای افزودن انواع هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون محصولات نانوائی و اثر آن‌ها بر افزایش میزان مؤلفه‌ی *L مطالعات زیادی موجود است. لازاریو و همکاران [۱۴] با افزودن چند صمغ به فرمولاسیون نان حاوی آرد برنج و نشاسته ذرت به این نتیجه دست یافتند که استفاده از صمغ در محصولات خمیری سبب افزایش روشنایی رنگ پوسته شده با افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون نان باگت، میزان مؤلفه *a با افزایش درصد پودر هسته خرما کاهش یافت ولی در میزان *b هیچگونه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ایجاد نشد.

چربی به میزان ۳۰ درصد اثرات منفی بی‌شماری به خصوص به لحاظ میزان سفتی بافت، حجم و تخلخل مشاهده شد. در مورد شاخص‌های رنگی نیز با افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون نان باگت میزان مؤلفه‌ی *L افزایش یافت. به نظر می‌رسد علت این امر توانایی پودر هسته خرما در حفظ رطوبت و خروج یکنواخت‌تر آن از بافت محصول در طی فرآیند پخت باشد که به موجب آن سطحی صاف برای محصولی نهایی تولید شده که این سطح صاف در افزایش درخشندگی اثرگذار بوده است. نتایج پورلیس و سالوادوری [۱۹] گواهی بر این امر می‌باشد. این محققین بیان نمودند که تغییرات سطح مواد غذایی، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به

Table 4. Effect of date seed powder addition on physicochemical properties of baguettes

| Date seed powder (%) | Moisture (%) | Water activity (-) | Specific volume (ml/g) | Porosity (%) | Firmness (N) | | Crust color values (-) | | |
|----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | | 2h after baking | 1 week after baking | L* | a* | b* |
| 0 | 25.06±0.15 ^d | 0.86±0.01 ^a | 1.71±0.02 ^a | 14.35±0.15 ^a | 9.10±0.04 ^d | 14.70±0.44 ^f | 14.35±0.27 ^f | 10.86±0.01 ^a | 18.31±0.08 ^a |
| 2.5 | 25.43±0.07 ^c | 0.80±0.03 ^b | 1.65±0.00 ^b | 14.06±0.10 ^b | 9.36±0.09 ^e | 15.31±0.16 ^e | 15.87±0.11 ^c | 10.77±0.04 ^b | 18.29±0.01 ^b |
| 5.0 | 25.82±0.11 ^d | 0.77±0.06 ^c | 1.61±0.07 ^c | 13.69±0.16 ^c | 9.53±0.12 ^d | 15.89±0.05 ^d | 16.28±0.09 ^d | 10.67±0.01 ^c | 18.23±0.02 ^c |
| 7.0 | 26.30±0.13 ^c | 0.75±0.00 ^d | 1.41±0.11 ^d | 12.63±0.09 ^d | 10.18±0.06 ^c | 16.08±0.03 ^c | 17.01±0.21 ^c | 10.60±0.02 ^d | 18.23±0.01 ^c |
| 10 | 26.85±0.21 ^b | 0.73±0.03 ^c | 1.28±0.08 ^e | 11.44±0.13 ^e | 10.36±0.13 ^b | 16.18±0.07 ^b | 17.57±0.44 ^b | 10.51±0.03 ^c | 18.24±0.08 ^c |
| 15 | 29.46±0.06 ^a | 0.70±0.02 ^f | 1.09±0.10 ^f | 8.56±0.25 ^f | 11.74±0.21 ^a | 18.56±0.37 ^a | 18.46±0.50 ^a | 10.31±0.08 ^e | 18.22±0.02 ^c |

(Means ± SD in each column with different letters differ significantly in p<0.05)

درصد، سفتی پس از ۲ ساعت: ۹/۳۴ و سفتی پس از یک هفته: ۱۵/۳، شاخص رنگی *L: ۱۵/۹، *a: ۱۰/۸ و *b: ۱۸/۳ خواهد بود (شکل ۱). به همین صورت با داشتن هر مقدار ورودی می‌توان در کسری از ثانیه تمام ویژگی‌های خروجی را تعیین نمود. با توجه به سهولت و سرعت بالای این سیستم و همچنین دقت قابل قبول آن می‌توان از آن در سیستم‌های درجه‌بندی و کنترل کیفیت و همچنین در خطوط تولید محصول جهت ارزیابی برخط استفاده کرد.

۳-۳- مدلسازی فازی فرایند افزودن پودر هسته

خرما به نان باگت

شکل ۱ خروجی برنامه سیستم فازی در نرم افزار MATLAB را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود هر سطر از نمودارها مربوط به یک قاعده و هر ستون از آن‌ها مربوط به یک متغیر می‌باشد. نمودارهای هفتم ستون‌های دوم تا دهم، مربوط به تجمیع تصمیم‌های وزن‌دار شده‌ی خروجی‌های سیستم می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در این خروجی با وارد کردن درصد پودر هسته خرما، همه‌ی فاکتورهای خروجی قابل دست‌یابی خواهند بود. به عنوان مثال با ارایه درصد پودر خرمای ۵ درصد به سیستم فازی خروجی‌های تعریف شده بدین ترتیب ارائه خواهد شد: میزان رطوبت: ۲۵/۴ درصد، فعالیت آبی: ۰/۸۱ درصد، حجم مخصوص: ۱/۶۵ میلی‌لیتر بر گرم، تخلخل: ۱۴/۱

خصوصیات فیزیکوشیمیایی، تمام خروجی‌های مدل در دو درصد پودر هسته خرما ۲/۵ و ۱۰ درصد با نتایج بدست آمده در آزمایشگاه مقایسه شد. مقایسه‌ی داده‌های خروجی مدل و مقادیر آزمایشگاهی برای این دو درصد رطوبت، با استفاده از نمودارهای نشان داده شده در شکل ۲ انجام شد. همان‌گونه که مشخص است در هر دو درصد رطوبت، میزان داده‌های آزمایشگاهی با مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل فازی همبستگی بالایی دارند و مقدار ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹ و نزدیک به یک در هر دو مورد، می‌تواند دلیل قاطعی بر صحت نتایج حاصل از این نوع مدل‌های فازی باشد. علاوه بر این مقادیر پایین انحراف معیار میانگین مربوط به این مدل (جدول ۵) نیز نشان‌دهنده‌ی دقت قابل قبول این گونه مدل‌های فازی است.

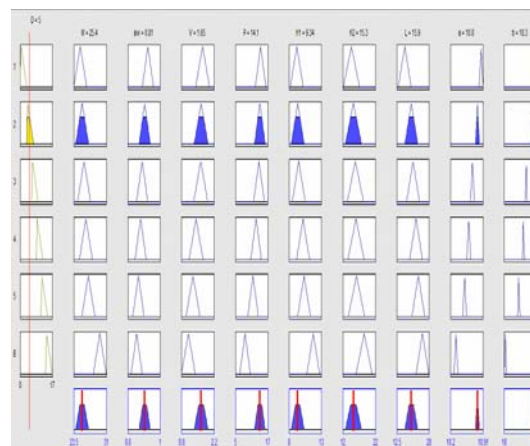


Fig 1. Output of fuzzy model in MATLAB software

۳-۴- ارزیابی میزان دقت مدل فازی

جهت ارزیابی و بررسی میزان دقت این مدل فازی در تعیین

Table 5. Mean Standard deviation of fuzzy model

| Mean Standard deviation (%) | M | aw | V | P | H1 | H2 | L | a | b |
|-----------------------------|------|------|-----|------|------|------|-------|------|------|
| | 0.25 | 1.54 | 2.1 | 3.31 | 1.06 | 1.31 | 11.51 | 2.34 | 2.21 |

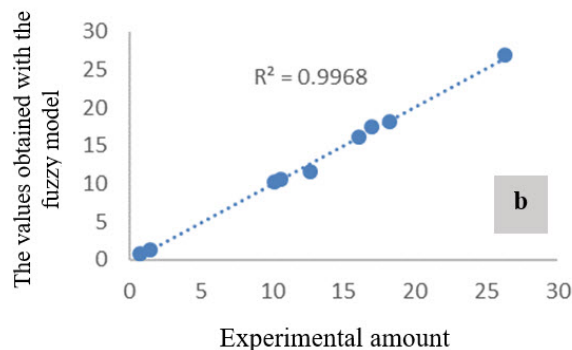
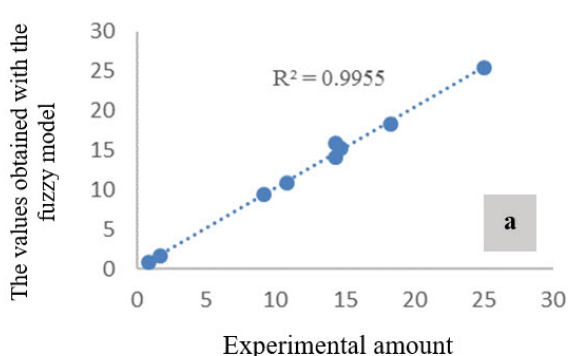


Fig 2. Comparison of outputs in fuzzy model and experimental amount by 2.5% (a) and 10% (b) date seed flour

به درصد پودر هسته خرما در فرمولاسیون بود. این سیستم فازی دقیق و با سرعت بالا می‌تواند در کنترل و بهینه‌سازی فرایند تولید و نگهداری این محصول و محصولات مشابه استفاده شده و باعث صرفه‌جویی اقتصادی گردد و از طرفی با کنترل بهینه فرایند به افزایش کیفیت محصول نهایی منجر شود.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در قسمت خصوصیات فیزیکوشیمیایی با افزایش مقدار پودر هسته خرما در فرمولاسیون نان باگت رطوبت، سفتی بافت و مولفه‌ی *L نمونه‌های تولیدی افزایش ولی فعالیت آبی، تخلخل، حجم مخصوص و شاخص *a کاهش یافت و در مولفه‌ی *b تغییری ایجاد نشد. مدل فازی ایجاد شده نیز با سرعت و دقت بسیار بالا و با ضرایب همبستگی بیش از ۰/۹۹ قادر به تعیین میزان خروجی‌های مورد نظر با توجه

۵- منابع

- [12] Laguna, L., Primo-Martín, C., Varela, P., Salvador, A., and Sanz, T. 2014. HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 56: 494-501.
- [13] Larrauri, J.A. Borroto, B. Perdomo, U and Tabares, Y. 1995. Manufacture of a powdered drink containing dietary fibre: FIBRALAX. *Alimentaria*. 260: 23-25.
- [14] Lazaridou, A., Duta, D., Pagageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.
- [15] Majzoobi, M., Mansouri, H., Falsafi, SA., Farahnaki. A. 1393. The effect of date seed powder on some properties of biscuit pasty and hard biscuit. *Iran journal of Food and Nutrition*. Issue 2. p 5-14.
- [16] Naghipour, F., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Haddad khodaparast, m. H.V. And Shaykh al-Islam, Z. 1391. Study of the possibility of producing cake free from gluten using sorghum, soy milk and guar gum and xanthan. M.A thesis, University of Mashhad.
- [17] Piazza, L. and Gigli, J. 2009. Multi-scale estimation of water soluble diffusivity in polysaccharide gels. *Universitadimilano, Italy*.
- [18] Perrot, N., Trystram, G., Guely, F., Chevrier, F. Schoeseters, N and Dugre, E. 2000. Feedback quality control in the baking industry using fuzzy sets, *Journal Food Process Engineering*. 23: 249-279.
- [19] Purlis, E and Salvadori, V. 2009. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.
- [20] Rajabzadeh, N. 1993. Bread technology, Tehran University Press
- [21] Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C. A., and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*. 90: 549-55
- [22] Sahan, Y., Dundar, A.N., Aydin, E., Kilci, A., Dulger, D., Kaplan, F.B., Gocmen, D. and Celik, G. 2013. Characteristics of Cookies Supplemented with Oleaster (*Elaeagnus ngustifolia* L.) Flour. I Physicochemical, Sensorial and Textural Properties. *Journal of Agricultural*. 5: 160-168.
- [1] AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemist, 10th edition.
- [2] Aldoori, V. M., Giovannucci, E. L., Rockett, H. R. H., Sampson, L., Rimm E. B., and Willet, W.C. 1998. *A prospective study of dietary fiber types and symptomatic diverticular disease in men*. *J Nutr* 128: 714-719.
- [3] Al-Farsi, M.A., Alasalvar, C., Al-Abid, M., Al-Shoaily, K., Al-Amry, M., and Al-Rawahy, F. 2007. "Compositional and functional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Food Chemistry*. 104, 943-947.
- [4] Al-Farsi, M.A. and Lee, C.Y. 2008. Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*. 108, 977-985.
- [5] Chinachoti, P. 1995. Carbohydrates: functionality in food, *American Journal of Clinical Nutrition*, 61: 922-929.
- [6] Davidson, V. D., Ryks, J and Chu, T. 2001. Fuzzy models to predict consumer ratings for biscuits based on digital image features. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 9(1): 62.
- [7] HabibiNajafi, M. B. 2011. Date Seeds: A Novel and Inexpensive Source of Dietary Fiber, *International Conference on Food Engineering and Biotechnology, IPCBEE vol, IACSIT Press, Singapore*.
- [8] Hasler, C. M. 1998. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. *Food Technology*, 52(11), 63-70.
- [9] Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*. 45(6): 1995-2005.
- [10] Kia, M. 2009. Fuzzy logic in MATLAB, kian rayane sabz Pub. Tehran. Iran. (in Farsi).
- [11] Khalilian, S., Shahidi, F., Elahi, M., Mehebbi, M., Sarmad, M. And Roshan Nejad, M. 2012. The Effect of Different Concentrations of Pectin and Xanthan Gum on Sensory Properties and Water Activity of the Fruit Pastille Based on Cantaloupe Puree. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 7, 200-209.

- Proceedings of the National Seminar on Postharvest Technology of Fruits, University of Agricultural Sciences (Augus7-9) Bangalore,India.22-28.
- [28] Vue, R. and Waring, S. 1988. Functionality of resistant starch in food applications. Food Australia. 50:1-5.
- [29] Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., and Delcour, J.A., 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. Food Chemistry. 110: 909-915.
- [30] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. Food Hydrocolloids, 29(1): 68-74.
- [23] Sanful, R.E. and Darko, S. 2010. Production of Cocoyam, Cassava and Wheat Flour Composite Rock Cake. Pakistan Journal of Nutrition. 9 (8): 810-814.
- [24] Shittu, T. A., Aminu, R. A. and Abulude, E.O. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloids. 23, 2254-2260.
- [25] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [26] Trystram, G and Courtois, F. 1996. Food process modeling and simulation, in: G.S. Mittal (Ed.), Computerized Control Systems in the Food Industry, New York, Basel, Hong Kong, pp. 55-85.
- [27] Verma, B. P. 1995. Application of fuzzy logic in postharvest quality decisions, In

Investigation and modeling prediction of physicochemical properties of baguette bread fortified with date seed powder

Moghimi, M. *

Department of Chemistry, Gonbad Kavoods Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoods, Iran

(Received: 2015/12/22 Accepted: 2016/03/12)

Today, production of prebiotic foods is great important. One of the common prebiotic ingredients that used in most food products is date seed powder. Therefore, in this study, for fast-accurate measurement of physicochemical properties of baguettes containing 0, 2.5, 5, 7.5, 10 and 15% of date seed powder was used in the modeling of fuzzy. Finally, it was found that by increasing the amount of date seed powder in formulation baguettes moisture, L* components and firmness of the produced samples increased but water activity, porosity, a* components and specific volume reduced, while no change was found in amount of b* components. In the range of 0 to 15 percent of date seed powder, fuzzy logic models created as an expert system, with very high accuracy and speed to be able to predict and determine various characteristics as a factor of percent of date seed of product. Also, the system will be able to achieve the amount of each of characteristics of the desired output in the range 0 to 15% date seed powder with very high accuracy and less than a second.

Keywords: Fuzzy logic, Baguettes bread, Date seed powder

* Corresponding Author E-Mail Address: moghimi_m52@yahoo.com