



بررسی تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت دهی بر خصوصیات نان بربری حاوی آرد کنجاله سویا

هانیه ناصری^۱، ابوالفضل فدوی^{۲*}، سیده زهرا سید النگی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران.

^{۲*} نویسنده مسئول مکاتبات؛ دکتری، استادیار مرکز تحقیقات صنایع غذایی شرق گلستان، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

^۳ دکتری، دانشیار گروه شیمی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

کنجاله سویا یکی از منابع پروتئینی گیاهی است که به همراه پروتئینهای آرد گندم می تواند منبع کاملی از اسیدهای آمینه را برای بدن انسان فراهم می کند لذا بکارگیری آن در نان می تواند به رفع کمبودهای پروتئینی کمک شایانی بنماید. بدین منظور برای تهیه نان بربری حاوی کنجاله سویا، طرح ترکیب شده دارای یک دسته متغیرهای اختلاطی، شامل سطوح مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز (۰ تا ۱ درصد)، کنجاله سویا (۰ تا ۵۰ درصد)، آرد گندم به عنوان پرکننده (۰ تا ۱۰۰ درصد) و یک متغیر فرآیندی شامل دامنه فراصوت (۰ تا ۱۰۰ درصد) استفاده گردید و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی شامل خاکستر کل، pH، رطوبت، تخلخل و امتیازات طعمی، بافت و رنگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت دهی روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تخلخل تاثیر معنی داری ($P < 0.0001$) دارند. بالا رفتن قابل توجه امتیاز رنگ نمونه ها ناشی از تاثیر مثبت و معنی دار ($P < 0.0001$) کنجاله سویا روی آن ویژگی بود. ویژگی تخلخل نمونه ها نیز بسیار تحت تاثیر معنی دار ($P < 0.0001$) برهمکنش آنزیم و فراصوت قرار گرفت. در نهایت به منظور دست یابی به نمونه های داری بیشترین میزان تخلخل و امتیازات رنگ، طعم و بافت پیشنهاد می گردد که از نسبت اختلاط آرد کنجاله سویا ۳۳ درصد، آنزیم ۱ درصد، آرد گندم ۶۶ درصد، فراصوت ۱۰۰ درصد استفاده گردد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۳

کلمات کلیدی:

آنزیم ترانس گلوتامیناز،

آرد کنجاله سویا،

فراصوت،

نان بربری.

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.35

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.137.3.3

* مسئول مکاتبات:

Fadavi.ac.ir@gmail.com

۱- مقدمه

ترانسفراز میباید که می‌تواند بین اسید آمینه گلوتامین^۲ از یک پروتئین و لایزین^۳ از پروتئین دیگر اتصالات عرضی ایجاد کند [۴]. لذا در بهبود کیفیت بافتی فراورده های نانوائی می‌تواند موثر واقع شود [۵]. تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از امواج فراصوت، باعث تشدید عملکرد آنزیم ترانس گلوتامیناز شده و بافت نان حاصل بهتر می‌شود. در پژوهش هائوهو و همکاران (۲۰۱۵)، بهبود عملکرد ژل های کاتالیز شده آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، پروتئین ایزوله سویا ترکیب شده با پروتئین آب پنیر بعد از تیمار با فراصوت مشاهده گردید [۶]. همچنین می‌توان از اثر تشدیدکنندگی هوادهی توسط اولتراسوند برای رساندن اکسیژن بیشتر به آرد استفاده نمود و خواص آن را بهبود بخشید [۷]. همچنین تاثیر مثبت برخی ترکیبات از قبیل آرد نخود، پسیلیوم^۴ و سیکلودکسترین گلیکوزیل ترانسفراز^۵ به همراه ترانس گلوتامیناز بر حجم مخصوص نان و سفتی نان بدون گلوتن و پایداری نشاسته مشاهده گردید [۸]. در خصوص تولید محصولات بدون گلوتن، حضور کازئینات سدیم به همراه ترانس گلوتامیناز نیز می‌تواند برای تولید نان ذرت بدون گلوتن مفید باشد [۹]. لذا از آنجا که انجام این تحقیق با هدف بکارگیری کنجاله سویا می‌تواند زمینه ساز بهبود شرایط تغذیه ای جامعه باشد تولید نان حاوی آرد کنجاله سویا و آنزیم ترانس گلوتامیناز که در شرایط خاصی فراصوت دهی شده اند، انجام گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و وسایل مورد نیاز

آرد بربری (کارخانه آرد مشتری، گلستان، ایران)، سویا (شرکت پروتئین سبجان، ایران)، نمک (شرکت گلها، ایران)، مخمر ساکارومایسس سرویزیه (شرکت فریمان مشهد، ایران)، روغن مایع آفتابگردان (شرکت غنچه، ایران)، آنزیم ترانس گلوتامیناز (TG) میکروبی

در سال های اخیر بهبود ویژگی های تغذیه ای نان گندم بسیار مورد توجه قرار گرفته است که این عمل از طریق اختلاط آرد گندم با آرد های مختلف انجام می شود و باعث افزایش ترکیبات معدنی، ویتامین ها، پروتئین و فیبر های رژیمی در فراورده نهایی می گردد. کنجاله سویا یکی از منابع پروتئینی گیاهی است که به همراه پروتئینهای آرد گندم می‌تواند منبع کاملی از اسیدهای آمینه را برای بدن انسان فراهم کند لذا بکارگیری آن در نان می‌تواند به رفع کمبودهای پروتئینی کمک شایانی بنماید [۱]. اما افزودن ترکیبات غنی کننده چالشهای متعددی را در تهیه نان ایجاد می نماید که تغییرات نامطلوب در بافت، رنگ و طعم عمده ترین آنها می باشد [۲]. کاهش سهم آرد گندم در محصولات غنی شده با آرد سویا باعث ضعیف شدن شبکه گلوتنی شده و در نتیجه خمیری چسبنده، باقابلیت پایین برای حفظ گاز در طی تخمیر و شکل پذیری ضعیف تولید می‌کند. به دلیل کاهش در قابلیت نگهداری آب، این خمیر دارای قوام پائین و ضریب تحمل پائین بوده و نان تهیه شده از آن کم حجم، مغز متراکم و خواص حسی (بافت، رنگ، عطر و طعم) بسیار ضعیفی دارد. لذا افزودن مقدار مناسب و بکارگیری بهبود دهنده های بافتی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. هرچند بهبود طعم نان با استفاده از مواد و افزودنی های مختلف در حال حاضر به یک فعالیت مهم برای جذب مصرف کنندگان تبدیل شده است [۳].

با وجود تنوع بسیار زیادی که در بهبود دهنده های شیمیایی از قبیل کلر، دی اکسید کلر، برومات پتاسیم، پرسولفات پتاسیم، و آزودی کربن آمید وجود دارد اما بقایای آنها می‌تواند برای سلامتی انسان مخاطره آمیز باشد لذا جستجو در میان ترکیبات سالم در افزایش کیفیت این گونه محصولات میتواند مفید باشد. یکی از افزودنی های سالم از جنس پروتئین در مواد غذایی آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی^۱ است. این آنزیم جزء آنزیم های

2 -Glutamine
3-Lysine
4 -psyllium
5-Cyclodextrin Glycosyltransferase

1-MTG

(اسپانیا، BDF)، آون (آلمان، Memmert)، pH متر (Metrohm)، دستگاه فراصوت (Hielscher, German).

۲-۲- تهیه خمیر

برای تهیه خمیر در مرحله اول آرد سویا، مقداری از آرد گندم، آب و مقادیر مناسب آنزیم را طبق جدول ۱، با هم مخلوط کرده و خمیر رقیق شده و تحت تأثیر تیمار فراصوت با دامنه مورد نظر قرار گرفت. در مرحله بعد بقیه آرد اضافه شد و در ادامه برای پخت نان، مواد در همزن به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط و سپس خمیر به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به منظور تخمیر اولیه قرار گرفت و در مرحله بعد خمیر به قطعات ۸۰ گرمی تقسیم و داخل قالب چرب شده مخصوص به مدت ۱۰ دقیقه استراحت داده شد (مرحله تخمیر میانی). سپس قالب ها به مدت ۶۰ دقیقه در انکوباتور با دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد (مرحله تخمیر نهایی) قرار گرفت. در نهایت در فر گردان آزمایشگاهی با درجه حرارت ۲۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه عملیات پخت صورت پذیرفت [۱۰].

۲-۳- نحوه انجام آزمون ها

۲-۳-۱- اندازه گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی

اندازه گیری pH، طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ [۱۱]، خاکستر کل طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۶ [۱۲]، رطوبت از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ [۱۳]، گلوتن از استاندارد ملی ایران به شماره ۹۶۳۹ [۱۴]، اسیدیته از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۳ [۱۵]، مالتوز از استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۰۴ [۱۶]، فالینگ نامبر استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۷۵ صورت پذیرفت [۱۷].

۲-۳-۲- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه ها توسط ۱۰ داور آموزش دیده انجام گردید. مکان انجام آزمون در شرایط مناسب دمایی (۲۰ درجه سانتیگراد)، رطوبتی (۸۰ درصد) و نوری (۳۰۰ لوکس) انجام گرفت و روش آن براساس روش آزمون

هدونیک ۹ نقطه ای امتیاز یک؛ خیلی بد و امتیاز ۹؛ خیلی خوب بود. میانگین حاصل از امتیازهای ظاهری رنگ، بو، طعم و مزه، احساس بافتی و دهانی و بافت ثبت گردیده و مورد آنالیز تجزیه واریانس قرار گرفت [۱۸].

۲-۳-۳- ارزیابی میزان تخلخل مغز نان

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور، برشی به ابعاد ۴ در ۴ سانتیمتر

از مغزنان تهیه گردید و به وسیله ی اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل (G3010 Scanjet HP) تصویربرداری شد و میزان تخلخل با نرم افزار Image J اندازه گیری شد.

۲-۳-۴- روش آماری

در این پژوهش برای انتخاب سطوح مختلف متغیرها در تهیه تیمارهای نان بربری از طرح ترکیب شده (ترکیبی از اجزای اختلاط و متغیر فرایندی) استفاده گردید. این طرح شامل ۳ جزء اختلاطی آنزیم ترانس گلوتامیناز (۰ تا ۱ درصد)، آرد کنجاله سویا (۰ تا ۵۰ درصد)، آرد گندم به عنوان پرکننده (۰ تا ۱۰۰ درصد) به طوری که مجموع سه جزء ۱۰۰ درصد شود و یک متغیر فرایندی شامل دامنه فراصوت (۰ تا ۱۰۰ درصد) استفاده گردید (جدول ۱). حداقل تیمارها برای اجرای طرح نامبرده ۲۳ تیمار بود که به همراه سطوح متغیرها، توسط توسط نرم افزار Stat-Ease Design Expert 10 ارائه گردید و خصوصیات فیزیکوشیمیایی طی آزمونهای خاکستر کل، pH، رطوبت، تخلخل، امتیازات طعمی، بافت و رنگ اندازه گیری شد. سپس آنالیز تجزیه واریانس داده های بدست آمده صورت گرفت و معنی داری متغیرها و میزان موثر بودن آنها با توجه به ضرایب تبیین^۱ آنها (جدول ۲) به دست آمد. همچنین شناسایی مدل مناسب با توجه به میزان مقادیر R^2 اصلاح شده^۲، R^2 پیشگویی شده^۳ و دقت کافی^۴ معنی دار بودن آزمون F ($p < 0.01$) و انتخاب شد و در نهایت

1 -Coefficient determination

2 -Adjusted R2

3 -Predicted R2

4 -Adequate precision

که این امر به واسطه مقادیر بیشتر خاکستر در کنجاله سویا (۳ درصد) نسبت به آرد گندم (حدود ۲ درصد) است و با افزایش جایگزینی آن با آرد گندم میزان خاکستر کل افزایش می یابد. با مقایسه مقدار ترکیبات آرد گندم و کنجاله سویا، طی بکارگیری مخلوط های مورد استفاده در نان مشخص گردیده است که افزودن آرد سویا موجب افزایش مقدار پروتئین، فیبر، خاکستر، اسید آمینه لیزین و ترئونین می شود [۲۰]. نتیجه این آزمون با تحقیق مشایخ و همکاران که نمونه های نان با مقادیر ۱۲-۳ درصد آرد سویا تولید کرده بودند مشابه بود [۲۱].

رابطه ۱ مدل پیشگویی برای میزان خاکستر کل را نشان می دهد. باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده بیشتر از ۰/۲ بوده و هردوی آنها بالاتر از ۰/۵ می باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از ۴ می باشد (۷/۵۵۱) لذا مدل پیشگو تا حد متوسطی می تواند بکار گرفته شود و خروجی مدل چندان دقیق نخواهد بود.

رابطه (۱)

Total ash = +0.153TG + 0.0329 soybean meal + 0.02364* wheat flour - 0.00120* TG* ultrasound - 0.003277 * soybean meal* ultrasound + 0.001276* wheat flour * ultrasound.

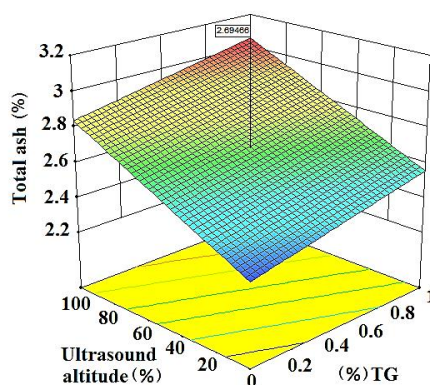


Figure 1- Changes of total ash in different amounts of TG enzyme and ultrasound

(۲). تاثیر معنی داری متغیرهای خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت بر نمونه های تولیدی در جدول ۲ مشخص شده است. بطوری که با افزایش میزان آنزیم میزان pH نان های تولیدی افزایش یافت (شکل ۲). این پدیده در تحقیق عباسف و همکاران نیز

مدل های پیشگو ارائه گردید. این محاسبات همگی توسط نرم افزار نامبرده انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

نظر به ضرورت آگاهی از ترکیبات و ویژگی های مواد اولیه مورد استفاده، اندازه گیری آنها قبل تهیه تیمارها انجام گرفت. بدین ترتیب در خصوص آرد کنجاله سویا مورد استفاده، رطوبت ۷ درصد، خاکستر سه درصد، پروتئین ۳۸ درصد و چربی ۱۸ درصد بود و در مورد ویژگی های آرد گندم مورد استفاده، رطوبت ۱۴ درصد، pH ۶/۱۲، گلوتن ۳۱ درصد، گلوتن ایندکس ۸۱ درصد، اسیدیته ۱/۲ درصد، پروتئین ۱۳/۵ درصد، عدد مالتوز ۵۱۲ میلی گرم در ده گرم، فالینگ نامبر ۳۷۰ ثانیه و خاکستر ۰/۷۲۱ درصد بود.

۳-۱- بررسی نتایج حاصل از آزمون خاکستر کل

در بررسی مدل های انتخابی، هم برای طرح اختلاط (اجزای کنجاله سویا و آنزیم ترانس گلوتامیناز) و هم برای طرح فرایندی (دامنه فراصوت) مدل خطی در برازش داده های حاصل از خاکستر کل نسبت به سایر مدل های پیشنهادی، مدل بهتری بود ($p < 0.0004$)، جدول ۲). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود متغیرهای خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز و کنجاله سویا تاثیر معنی داری بر میزان خاکستر نمونه های تولیدی داشتند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان آنزیم در فرمولاسیون نان های تولیدی میزان خاکستر کل نمونه ها افزایش یافت (شکل ۱). با توجه به حضور یون کلسیم در آنزیم ترانس گلوتامیناز [۱۹] به نظر می رسد افزایش غلظت آن باعث افزایش خاکستر نمونه ها می گردد. با افزایش میزان کنجاله سویا نیز میزان خاکستر کل بطور معنی داری افزایش یافت

۳-۲- بررسی نتایج حاصل از آزمون pH

در میان مدل های محاسبه شده با داده های حاصل از pH، هم برای متغیرهای اجزای اختلاطی و هم برای متغیر جزء فرایندی (دامنه فراصوت) مدل خطی، مدل بهتری بود

سویا هم اثر معنی داری بر pH داشت. با توجه به ضرایب تبیین (جدول ۲) بیشترین تاثیر را بر این ویژگی، پارامتر خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز داشت.

رابطه (۲)

$$\text{pH} = +71.68\text{TG} + 5.19 * \text{soybean meal} + 5.64 * \text{wheat flour} - 0.1672 * \text{TG} * \text{ultrasound} + 0.0169 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound} + 0.0122 * \text{wheat flour} * \text{ultrasound}$$

مشاهده گردید که علت آن را کاهش جذب زیستی املاح معدنی توسط مخمر نان به واسطه تشکیل پیوندهای جدید در شبکه پروتئینی می باشد و نتیجتاً باعث کاهش تولید اسید طی تخمیر می گردد [۲۲]. افزایش شدت فراصوت باعث افزایش pH در نمونه ها گردید که مشابه تحقیق نامنکو و همکاران بود [۲۳]. برهمکنش فراصوت با کنجاله

Table 1- Treatments produced at different levels of enzyme, soybean flour and ultrasound and raw data from the tests

Color score	Texture score	Taste score	porosity	moisture	pH	Total ash	Ultrasonic range(%)	Soy protein	Enzyme	treatment
7	6	5	36.87	34.9	6.3	2.59	50	40	0	1
3	6	8	36.55	34.5	6.24	2.56	0	0	1	2
5	8	6	38.22	37.5	6.7	2.78	50	18.3	0.46	3
4	5	6	31.88	31.9	5.79	2.4	25	9.5	0	4
7	5	5	36.22	33.3	6	2.47	0	36.5	1	5
5	9	6	52.78	40.8	7.3	3.03	100	18.5	1	6
4	8	6	39.21	38.3	6.9	2.84	100	6.9	0	7
7	5	5	31.08	31.2	5.3	2.31	0	37.4	1	8
3	5	8	31.23	31.8	5.8	2.37	0	0	1	9
9	8	8	38.85	37.8	6.8	2.81	98	50	0	10
7	8	8	46.69	38.4	6.9	2.85	74	43.5	1	11
4	7	8	36.8	34.7	6.27	2.58	75	7.9	0	12
8	9	8	51.46	40.5	7.3	3.01	100	49.1	0.91	13
3	9	9	47.17	40.2	7.2	2.99	100	0	0.65	14
6	6	5	37.23	36.6	6.6	2.72	50	34	1	15
3	8	5	42.59	38.8	7	2.88	75	25.5	1	16
6	8	5	45.13	40.1	7.2	2.98	100	29.4	0.4	17
3	8	9	44.66	39	7	2.9	51	0	1	18
5	5	6	33.2	32	5.8	2.38	0	18.2	0.48	19
3	7	9	36.9	35.4	6.3	2.63	50	0	0	20
8	7	4	37.8	36.8	6.6	2.73	50	49.4	0.59	21
7	5	4	33.2	32	5.85	2.48	0	49.5	0.5	22
7	8	5	38.15	37.2	6.6	2.76	24	43.1	1	23

Table 2 - Variance analysis of data obtained from bread samples prepared with different amounts of transglutaminase (TG) enzyme and soybean meal flour, processed at different ultrasound levels

Model	Total ash		pH		Moisture		porosity		Taste score		Texture score		color score	
Source	Coefficient Estimate	p-value	Coefficient Estimate	p-value	Coefficient Estimate	p-value	Coefficient Estimate	p-value	Coefficient Estimate	p-value	Coefficient Estimate	p-value	Coefficient Estimate	p-value
Model	-	< 0.0004	-	< 0.0001	-	< 0.0001	-	< 0.0001	-	< 0.0001	-	< 0.0001	-	<0.0001
Linear Mixture	-	<0.0003	-	<0.0001	-	<0.0001	-	<0.0001	-	<0.0001	-	۰/۰۱۲۵	-	<0.0001
A- TG	12.02	<0.0187	34.79	<0.0001	187.57	<0.0001	289.71	<0.0001	0.21	0.244	58.69	0.0035	-7.51	0.083
B-soybean meal	2.78	<0.0006	6.15	0.237	34.37	0.412	34.61	0.518	-0.200	<0.0001	6.22	0.385	7.90	<0.0001
C-Ultrasound	0.038	0.3772	0.63	<0.0001	3.46	<0.0001	6.08	<0.0001	-0.12	0.501	1.62	<0.0001	0.053	0.767
AC	-0.050	< 0.545	-3.87	0.9848	-4.22	0.4605	188.98	0.0053	0.265	0.665	2.41	0.9146	-617.18	0.0001
BC	0.060	< 0.4874	0.73	<0.0001	3.64	<0.0001	4.44	0.0007	0.402	0.599	1.59	0.0009	14.43	0.0003
AC ²	-	-	-	-	-	-	220.41	0.0399	-	-	-	-	9.71	0.6391
BC ²	-	-	-	-	-	-	0.45	0.8073	-	-	-	-	-0.016	0.9665
R-Squared	0.6342		0.9424		0.9306		0.9499		0.9642		0.8397		0.9835	
Adj R-Squared	0.5266		0.9254		0.9102		0.9212		0.9395		0.7925		0.9671	
Pred R Squared	0.3071		0.8992		0.8955		0.8655		0.8001		0.7598		0.9181	
Adeq Precision	7.551		23.819		21.258		20.094		19.684		12.928		24.881	

بافت خمیر است که ناشی از افزایش خاصیت امولسیفایری است که در نتیجه فعالیت آنزیم ترانس گلوتامیناز ایجاد می‌شود. پیوندهای جدید عرضی کووالانسی برون و درون مولکولی بین اسیدهای آمینه گلوتامین و لیزین منجر به تشکیل پروتئین‌هایی با وزن مولکولی بالا می‌شود و می‌تواند به طور موثری محصولی با ظرفیت نگهداری آب بالاتر، پایداری حرارتی و کشسانی بهبود یافته تولید کند [۲۴]. در بررسی مدل‌های انتخابی، برای هر دو طرح اختلاط و فرایندی مدل خطی در برازش داده‌های حاصل از رطوبت نسبت به سایر مدل‌ها توسط نرم افزار پیشنهاد شد ($p < 0.0001$, جدول ۲). رابطه ۳ مدل پیشگویی میزان رطوبت را نشان می‌دهد. باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده (جدول ۲) کمتر از ۰/۲ بوده و هر دوی آنها بالاتر از ۰/۹ می‌باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از ۴ می‌باشد (۲۱/۲۵۸). لذا استفاده از مدل پیشگو پیشنهاد می‌شود.

رابطه (۳)

$$\text{Moisture} = +352.217 * \text{TG} + 30.100 * \text{soybean meal} + 31.367 * \text{wheat flour} - 0.23748 * \text{TG} * \text{ultrasound} + 0.0767 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound} + 0.0686 * \text{wheat flour} * \text{ultrasound}.$$

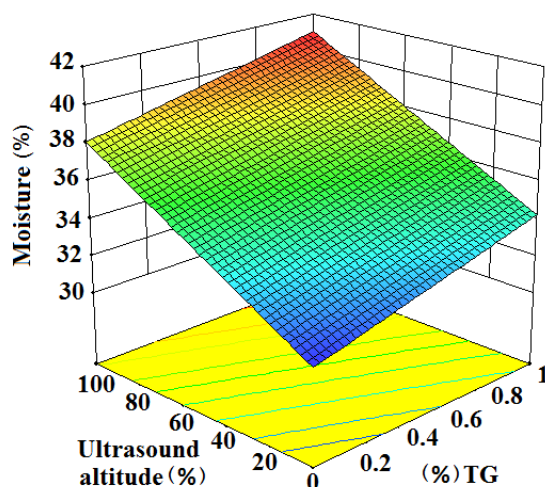


Figure 3- Moisture changes in different amounts of TG enzyme and ultrasound

۴-۳- بررسی نتایج حاصل از آزمون تخلخل

تخلخل نمونه‌ها به میزان زیادی تحت تاثیر معنی دار ($p < 0.0001$, جدول ۲) آنزیم TG قرار گرفت و با افزایش

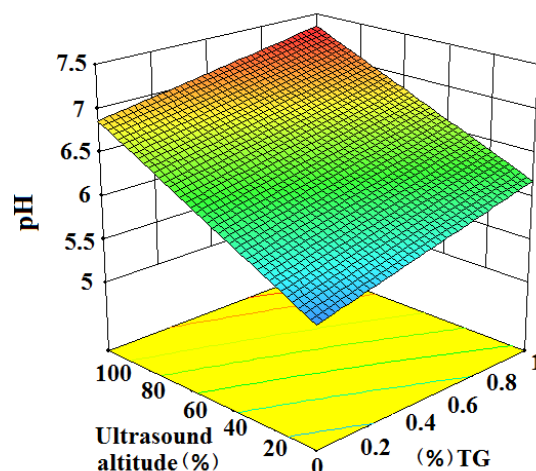


Figure 2- pH changes in different amounts of TG enzyme and ultrasound

رابطه ۲ مدل پیشگویی برای میزان pH را نشان می‌دهد. باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده کمتر از ۰/۲ بوده و هر دوی آنها بالاتر از ۰/۹ می‌باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از ۴ می‌باشد (۲۳/۸۱۹) لذا مدل پیشگو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۳- بررسی نتایج حاصل از آزمون رطوبت

آنالیز داده‌های بدست آمده در این آزمون نشان داد که رطوبت نمونه‌ها تحت تاثیر معنی‌دار ($p < 0.0001$) متغیرهای خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت بود (جدول ۲). بطوری که با افزایش میزان آنزیم میزان رطوبت افزایش یافت (شکل ۳). برهمکنش فراصوت با کنجاله سویا هم اثر معنی داری ($p < 0.0001$) بر رطوبت داشت. با توجه به ضرایب تبیین (جدول ۲) بیشترین تاثیر را بر این ویژگی، پارامتر خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز داشت. مشابه این پدیده در پژوهش قریب زاهدی و همکاران (۲۰۱۷) در ارتباط با جذب بیشتر رطوبت در نمونه‌های نودل حاوی آنزیم ترانس گلوتامیناز نیز اتفاق افتاد. حفظ رطوبت بیشتر در نمونه‌ها بواسطه بالاتر رفتن ظرفیت نگهداری آب در

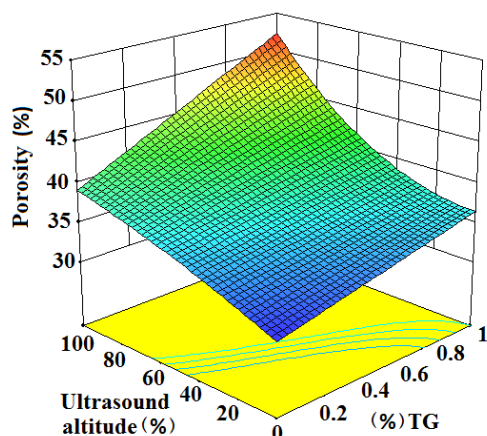


Figure 4- Porosity changes in different amounts of TG enzyme and ultrasound

رابطه ۴ مدل پیشگویی ارائه شده توسط نرم افزار که مربوط به میزان تخلخل است را نشان می‌دهد. باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده کمتر از ۰/۲ بوده و هردوی آنها بالاتر از ۰/۹ می‌باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از ۴ می‌باشد (۲۰/۰۹۴) لذا مدل پیشگو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

رابطه (۴)

$$\begin{aligned} \text{Porosity} = & +611.501 * \text{TG} + 30.455 * \text{soybean meal} \\ & + 30.771 * \text{wheat flour} + 10.224 * \text{TG} * \text{ultrasound} - \\ & 8.838 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound} + 0.150 * \text{wheat} \\ & \text{flour} * \text{ultrasound} + 0.177 * \text{TG} * \text{ultrasound altitude}^2 \\ & + 1.061 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound altitude}^2 - 7.029 \\ & * \text{wheat flour} * \text{ultrasound}^2 \end{aligned}$$

۳-۵- بررسی نتایج حاصل از آزمون طعمی

در این ویژگی تنها کنجاله سویا تاثیر منفی معنی دار ($p < 0.001$)، جدول ۲) بر امتیاز طعمی نمونه های تولید شده داشت و با افزایش مقدار آن امتیاز طعمی کاهش یافت (شکل ۵). این تاثیر منفی ناشی از طعم لویایی آرد سویا می باشد. نتیجه این پژوهش با نتیجه علی و همکاران (۲۰۲۲) که آنزیم های اصلاح شده پنیر و سویا در نان استفاده کردند مطابق دارد [۲۷].

غلظت آن تخلخل نمونه ها نیز افزایش یافت (شکل ۴). همچنین بالاتر بودن ضریب تبیین (۲۸۹/۷۱) نسبت به سایر متغیرها نیز بیانگر سهم بسزای آنزیم در افزایش تخلخل نمونه ها دارد (جدول ۲). این تاثیر نیز در تحقیق سروالی و همکاران (۲۰۱۱) دیده شد. این امر بواسطه تاثیر آن روی پروتئین گلوتنین خمیر می باشد که در نتیجه اتصال عرضی لایزین و گلوتامین شبکه گسترده تر و قوی تری به وجود می آید [۲۵]. اعمال امواج فراصوت به دلیل هوادهی بهتر خمیر باعث افزایش تعداد حبابهای هوا در خمیر شده و افزایش تخلخل را موجب می شود (شکل ۴). مشابه این تحقیق، در پژوهش میبیدی و همکاران نیز مشخص شد که فراصوت باعث تخلخل بیشتر در نان می گردد [۲۶]. تاثیر برهمکنشی آنزیم با فراصوت و کنجاله سویا با فراصوت معنی داری بالایی از خود نشان داد (جدول ۲) و باعث افزایش تخلخل گردیدند. با افزایش درصدهای آرد سویا به همراه فراصوت باعث فراهم شدن سوبسترای بیشتر برای عملیات آنزیم ترانس گلوتامیناز می شود و با اتصال پیوندهای عرضی شبکه گسترده ای را به وجود آورند. یافته های شیخ الاسلامی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان داد که استفاده از امواج فراصوت میزان هوادهی را افزایش می دهد در نتیجه باعث تخلخل بیشتر در نان می گردد. در انتخاب مدل ترکیبی، برای طرح اختلاط (اجزای آرد کنجاله سویا و آنزیم ترانس گلوتامیناز) مدل خطی و برای طرح فرایندی (دامنه فراصوت) مدل درجه دو در برازش داده های حاصل از تخلخل نسبت به سایر مدل های پیشنهادی، مدل بهتری بود ($p < 0.001$)، جدول ۲).

ترانس گلوتامیناز و کمترین میزان کنجاله سویا که تحت تاثیر بیشترین شدت فراصوت قرار گرفته بودند، بود (شکل ۶). آنالیز تجزیه واریانس داده ها، تاثیر معنی دار متغیرهای خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز ($p < 0/01$) و فراصوت ($p < 0/0001$) بود (جدول ۲). بطوری که با افزایش میزان آنزیم و فراصوت میزان امتیاز بافت افزایش یافت. افزایش شدت فراصوت باعث فراهم آمدن سوبسترای بیشتر برای آنزیم می شود که در نتیجه لایزین و گلوتامین بیشتری می توانند با یکدیگر اتصال بر قرار کنند و شبکه گسترده تر و قوی تری را به وجود آورند. برهمکنش کنجاله سویا با فراصوت هم اثر معنی داری ($p < 0/0001$) بر امتیاز بافت داشت. با توجه به ضرایب تبیین ($58/69$) بیشترین تاثیر را بر این ویژگی، پارامتر خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز داشت (جدول ۲). در تایید نتایج این تحقیق، نتایج حاصل از پژوهش رومی و همکاران نشان داد که آنزیم ترانس گلوتامیناز تاثیر مثبتی بر بافت نمونه ها داشت [۲۸]. همچنین در تحقیق دیگری نتایج نشان داد که بکارگیری فراصوت در نان های حاوی آرد سویا باعث بهبود خصوصیات ژله ای شدن بافت می گردد [۲۹].

رابطه ۶ مدل پیشگویی میزان امتیاز بافت را نشان می دهد. باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده کمتر از $0/2$ بوده و هردوی آنها بالاتر از $0/9$ می باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از 4 ($12/928$) می باشد لذا مدل پیشگو می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در بررسی مدل های انتخابی، برای طرح اختلاط (اجزای آرد کنجاله سویا و آنزیم ترانس گلوتامیناز) مدل خطی و برای طرح فرایندی (دامنه فراصوت) مدل درجه دو در برازش داده های حاصل از بافت نسبت به سایر مدل های پیشنهادی، مدل بهتری بود ($p < 0/0001$) (جدول ۲).

رابطه (۶)

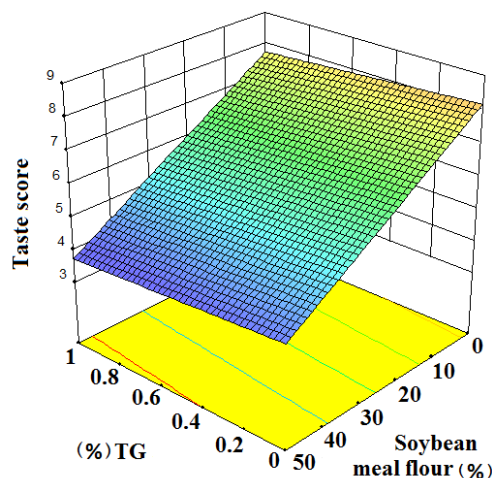


Figure 5- Changes in taste score in different amounts of TG enzyme and soy flour

در بررسی مدل های انتخابی، هم برای طرح اختلاط (اجزای آرد کنجاله سویا و آنزیم ترانس گلوتامیناز) و هم برای طرح فرایندی (دامنه فراصوت) مدل خطی در برازش داده های حاصل از امتیاز طعم نسبت به سایر مدل های پیشنهادی، مدل بهتری بود ($p < 0/0001$) (جدول ۲). مدل پیشگویی در رابطه ۵ میزان امتیاز طعمی را نشان می دهد. باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده کمتر از $0/2$ بوده و هردوی آنها بالاتر از $0/9$ می باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از 4 ($19/684$) می باشد لذا مدل پیشگو می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

رابطه (۵)

$$\text{Taste score} = +3.572 * \text{TG} - 33.546 * \text{soybean meal} + 8.309 * \text{wheat flour} - 5.359 * \text{TG} * \text{soybean meal} - 5.40 * \text{TG} * \text{wheat flour} + 67.18 * \text{soybean meal} * \text{wheat flour} + 3.619 * \text{TG} * \text{soybean meal} * \text{wheat flour} - 1.787 * \text{TG} * \text{soybean meal} - 1.831 * \text{TG} * \text{wheat flour} + 60.095 * \text{soybean meal} * \text{wheat flour}$$

۳-۶- بررسی نتایج حاصل از آزمون بافت

داده های بدست آمده در این آزمون نشان داد که بیشترین امتیاز بافتی مربوط به نمونه های بود که حاوی بیشترین میزان آنزیم

باتوجه به این که اختلاف مقادیر دو پارامتر R^2 اصلاح شده و R^2 پیشگویی شده کمتر از ۰/۲ بوده و هردوی آنها بالاتر از ۰/۹ می باشند و همچنین شاخص دقت کافی بالاتر از ۴ (۲۴/۸۸۱) می باشد لذا مدل پیشگو می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

رابطه (۷)

$$\text{Color score} = +4.206 * \text{TG} + 12.31 * \text{soybean meal} + 3.162 * \text{wheat flour} + 48.301 * \text{TG} * \text{ultrasound} - 1.254 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound} + 0.118 * \text{wheat flour} * \text{ultrasound} - 1.466 * \text{TG} * \text{ultrasound}^2 + 0.037 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound}^2 - 3.473 * \text{wheat flour} * \text{ultrasound}^2$$

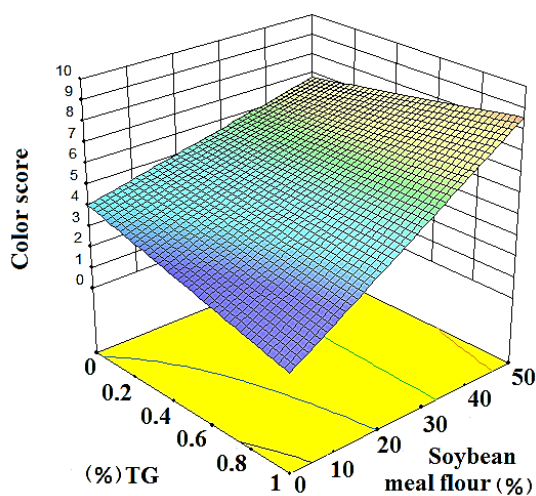


Figure 7- Changes in color score in different amounts of TG enzyme and soybean meal flour

۳-۸- تعیین مقادیر بهینه متغیرها

به منظور تعیین مقادیر بهینه متغیرها توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت، ابتدا باید شاخص ها و معیارهایی برای آن در نظر گرفته و انتخاب گردید که عبارت بودند از: بیشترین میزان سهم آرد کنجاله سویا، بیشترین میزان تخلخل، بیشترین میزان امتیازات رنگ، بافت و طعم. نتایج خروجی از نرم افزار نشان داد که به منظور تولید نمونه های نان با معیارهای تعریف شده بایستی از فرمولاسیون ۳۳ درصد آرد کنجاله سویا، ۱ درصد آنزیم، ۶۶ درصد آرد گندم و دامنه فراصوت ۱۰۰ درصد استفاده نمود. براساس مدل های پیشگو در فرمولاسیون اجزاء و فراصوت بکار گرفته شده، میزان

$$\text{Texture score} = +107.638 * \text{TG} + 4.331 * \text{soybean meal} + 4.918 * \text{wheat flour} + 0.0638 * \text{TG} * \text{ultrasound} + 0.0313 * \text{soybean meal} * \text{ultrasound} + 0.0324 * \text{wheat flour} * \text{ultrasound}$$

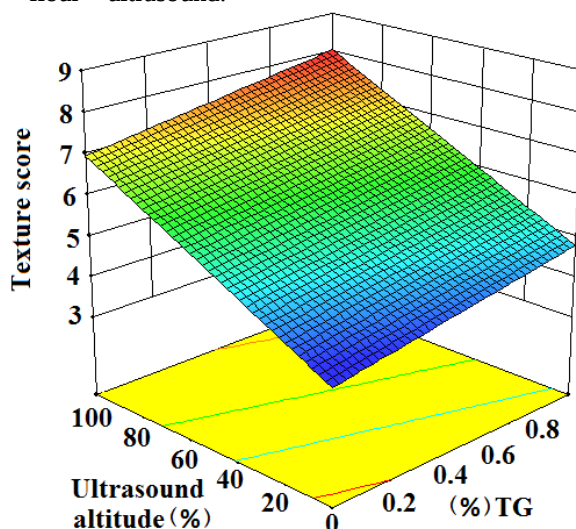


Figure 6- Changes in texture score in different amounts of TG enzyme, soybean flour and ultrasound

۳-۷- بررسی نتایج حاصل از آزمون رنگ

برخلاف ویژگیهای بررسی شده که اثرات خطی آنزیم و فراصوت روی آنها معنی دار بودند در دو ویژگی رنگ و طعم هیچکدام از آندو تاثیر معنی داری نداشتند. نکته جالب توجه معنی داری اثر برهمکنشی آنزیم با فراصوت است. همچنین اثر خطی کنجاله سویا روی رنگ نمونه ها بسیار تاثیر گذار بود ($p < 0.0001$ ، جدول ۲). که عامل آن رنگ متمایل به قهوه ای کم رنگ آرد کنجاله سویا بوده است که با افزایش سهم آن میزان امتیاز رنگی افزایش یافت. با توجه به اینکه طی استخراج روغن از دانه سویا، حرارت بکار گرفته شده باعث انعقاد آنزیم لیپوکسیژناز آن می گردد لذا خاصیت رنگبری ندارد. همچنین در تحقیق مشایخ و همکاران، مشخص شد در نمونه های نان تولید شده با مقادیر ۱۲-۳ درصد آرد سویا چربی گیری شده، نمونه های حاوی ۳ و ۷ درصد آرد سویا ظاهر مشابهی با نمونه های شاهد داشتند [۲۱]. شکل ۷ تغییرات مثبت امتیاز رنگ نمونه ها طی افزایش آرد کنجاله سویا را نشان می دهد. مدل پیشگویی در رابطه ۷ میزان امتیاز رنگ را نشان می دهد.

می‌کند (۶ از ۹). دستیابی به حداکثر تخلخل با بکارگیری ۱ درصد آنزیم و دامنه فراصوت ۱۰۰ درصد در نمونه‌ها فراهم می‌گردد. در این تحقیق نقش و اهمیت آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت در ایجاد تخلخل در نمونه‌ها مشخص گردید که منجر به افزایش امتیاز بافتی و رنگ نمونه‌ها گردید و از رو می‌تواند به عنوان جایگزین بهبود دهنده‌های شیمیایی بافت محصولات نانویی بکار گرفته شوند. در پایان پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی امکان بکارگیری سایر آردهای غلات به همراه آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت بررسی شود تا امکان تولید و تنوع نان‌ها با ارزش تغذیه‌ای بیشتر فراهم گردد.

تخلخل، امتیازات رنگ، طعم و بافت بترتیب؛ ۵۲ درصد، ۶/۰۵، ۵/۲۷، ۸/۵۵ محاسبه شد.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق با هدف افزایش ارزش تغذیه‌ای نان، نمونه‌های نان با آرد کنجاله سویا غنی سازی گردید که همزمان به منظور بهبود بافت نان‌ها از آنزیم ترانس گلوتامیناز و فراصوت نیز استفاده گردید. نتایج نشان داد که بطور کلی با افزایش آرد کنجاله سویا امتیاز طعمی کاهش میابد و حداکثر ۳۳ درصد امکان جایگزینی آرد گندم با آردکنجاله سویا وجود دارد که امتیاز طعمی نسبتاً خوبی را ایجاد

۵- منابع

- [1] Ribotta, P. D., Pérez, G. T., Añón, M. C., & León, A. E. (2010). Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3), 395-405. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-008-0080-z>.
- [2] Dong, Y., & Karboune, S. (2021). A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes. *J Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1937-1981. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12717>Citations: 16.
- [3] Haber, M., Mishyna, M., Martinez, J. I., & Benjamin, O. (2019). The influence of grasshopper (*Schistocerca gregaria*) powder enrichment on bread nutritional and sensorial properties. *J LWT*, 115, 108395. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108395>.
- [4] Gerrard, J., Fayle, S., Wilson, A., Newberry, M., Ross, M., & Kavale, S. (1998). Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. *J Journal of Food Science*, 63(3), 472-475. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15766.x>Citations: 108.
- [5] Rahebi Bardi, R., Tabari, M., & Tavakolipor, H. (2020). Improving the rheological properties of 18% wheat flour as affected by transglutaminase enzyme. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3(2), 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.015>.
- [6] Hu, H., Zhu, X., Hu, T., Cheung, I. W., Pan, S., & Li-Chan, E. C. (2015). Effect of ultrasound pretreatment on formation of transglutaminase-catalysed soy protein hydrogel as a riboflavin vehicle for functional foods. *J Journal of Functional Foods*, 19, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.023>.
- [7] Sheikheslami, Z., Mortazavi, s., Poorazarang, H., & Nasiri Mahallati, M. (2010). The effect of ultrasound on Dough rheological properties and bread characteristics of wheat damaged by wheat bug. *Journal of food science and technology(Iran)*, 7(25), 39-49. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-480-fa.html>. (in persian).
- [8] Santos, F. G., Aguiar, E. V., Centeno, A. C. L., Rosell, C. M., & Capriles, V. D. (2020). Effect of added psyllium and food enzymes on quality attributes and shelf life of chickpea-based gluten-free bread. *J Lwt*, 134, 110025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110025>.
- [9] Safavi, N., & Gharekhani, M. (2019). The Effect of Sodium Caseinate and Microbial Transglutaminase Enzyme on Rheological, Physical and Sensorial Properties of Corn-based Gluten Free Bread. *J Research Innovation in Food Science Technology*, 7(4), 365-376. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPap..>
- [10] Tabrizi, A. S., Sheikholeslami, Z., & Ataye Salehi, A. (2014). Comparision of the effect of ultrasound and soy flour on the properties of pan bread *Journal of food science and technology(Iran)*,

- 11(44), 129-141. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-6433-fa.html>. (in persian).
- [11] Inso. (2016b). *Standard number; 37, Biscuit-characteristics and tests method*. Retrieved from <https://standard.inso.gov.ir/Search.aspx?standardnumber=37> (in persian).
- [12] Inso. (2008). *Standard number; 2706. Cereals, pulses and by products -Determination of ash yeild by incineration*. ICS: 67.060. Iranian National Standardization Organization Retrieved from <http://standard.inso.gov.ir/Search.aspx?standardnumber=2706>.
- [13] Inso. (2009). *Standard number; 2705. Cereals and its products - moisture measurement method*. . Iran national standard organization Retrieved from <https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=46619> (in persian).
- [14] Inso. (2019). *Standard number: 9639-1, Wheat and wheat flour – Gluten content –Part 1: Determination of wet gluten by a manual method*. Iran national standard organization Retrieved from <https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=46619> (in persian).
- [15] Inso. (2017). *standard number: 103, wheat flour -characteristics and test methods* Iran national standards organization Retrieved from <https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=51318>. (in persian).
- [16] Inso. (1990). *Standardnumber=3104. The method of measuring the diastatic activity of flour and semolina*. ICS: 67/060 Iran National Standard Organization Retrieved from <https://standard.inso.gov.ir/Search.aspx?standardnumber=3104> (in persian).
- [17] Inso. (2016a). *standard number: 4175, wheat, rye and their flour, durum wheat and durum wheat semolina - determination of falling number*. Iran national standard organization Retrieved from <https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=1179>. (in persian).
- [18] Inso. (2017). *Standard number; 2338. Bulk breads, Specifications and test methods*. ICS:67.060. Iranian National Standardization Organization Retrieved. <http://standard.inso.gov.ir/Search.aspx?standardnumber=2338> (in persian).
- [19] Ahvazi, B., Boeshans, K. M., Idler, W., Baxa, U., & Steinert, P. M. (2003). Roles of calcium ions in the activation and activity of the transglutaminase 3 enzyme. *Journal of Biological Chemistry*, 278(26), 23834-23841.
- [20] Pour Haji, F., & Mazaheri Tehrani, M. (2016). Investigation effect soy flour alternative Ardeh Texture characteristics, rheological and sensorial sesame cream. *Journal of food science and technology(Iran)*, 13(58), 195-203. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-5725-fa.html>. (in persian).
- [21] Mashayekh, M., Mahmoodi, M. R., & Entezari, M. H. (2008). Effect of fortification of defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. *International journal of food science & technology*, 43(9), 1693-1698. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01755.x> (in persian).
- [22] Ababaf, K., Jooyandeh, H., & Nasehi, B. (2020). Effect of transglutaminase enzyme treatment on the physicochemical and microbial properties of synbiotic soy yogurt. *Journal of Food Research*, 30(3), 189-201.
- [23] Naumenko, N., & Kalinina, I. (2016). *Sonochemistry effects influence on the adjustments of raw materials and finished goods properties in food production*. Paper presented at the Materials Science Forum.
- [24] Gharibzahedi, S. M. T., Yousefi, S., & Chronakis, I. S. (2019). Microbial transglutaminase in noodle and pasta processing. *J Critical reviews in food science and nutrition*, 59(2), 313-327. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2017.1367643> . (in persian).
- [25] Seravalli, E. A. G., Iguti, A. M., Santana, I. A., & Finardi Filho, F. (2011). Effects of application of transglutaminase in wheat proteins during the production of Bread. *Procedia Food Science*, 1, 935-942. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.141>.
- [26] Meybodi, N. M., Mirmoghtadaie, L., Sheidaei, Z., Arab, M., Nasab, S. S., Taslikh, M., & Mortazavian, A. M. (2021). Application of microbial transglutaminase in wheat bread industry: a review. *J Current nutrition and food science*, 17(5), 450-457. <https://doi.org/10.2174/1573401316999201001145814>.
- [27] Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Jin, Y., Xu, D., Rao, Z., & Xu, X. (2022). Impact of Soy-Cow's mixed milk enzyme modified cheese on bread aroma. *J LWT*, 154, 112793. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112793>.
- [28] Romeih, E., & Walker, G. (2017). Recent advances on microbial transglutaminase and dairy application. *J of Trends in food science and technology*, 62, 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.015>.
- [29] Qin, X.-S., Luo, S.-Z., Cai, J., Zhong, X.-Y., Jiang, S.-T., Zhao, Y.-Y., & Zheng, Z. (2016). Transglutaminase-induced gelation properties of soy protein isolate and wheat gluten mixtures with

high intensity ultrasonic pretreatment. *J Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 590-597.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.04.027>.



Investigating the effect of Transglutaminase enzyme and Ultrasonication on the properties of Barbari bread containing soybean meal

Hanie naseri¹, Abolfazl Fadavi^{2*}, Seyyedeh Zahra Sayyed-Alangi³

1-Student of PhD, department of Food Science and Technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

2-*Corresponding author; PhD, Food Science and Technology Research center of East Golestan, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

3- PhD, associate professor, Department of Chemistry, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

ABSTRACT

Soybean meal is one of the sources of vegetable protein, which together with wheat flour proteins, can provide a complete source of amino acids for the human body, so using it in bread can help to solve protein deficiencies. For this purpose, to prepare Barbari bread containing soy meal, a combined design containing a group of mixing variables, including different levels of transglutaminase enzyme (0 to 1 %), soybean meal flour (0 to 50 %), wheat flour as filler (0 to 100 %) and a process variable including ultrasonic altitude (0 to 100%) was used and physicochemical and sensory characteristics including total ash, pH, moisture, porosity and taste, texture and color scores were investigated. The results showed that transglutaminase enzyme and ultrasonication have a significant effect on physicochemical properties and porosity ($P < 0.0001$). The significant increase in color score of the samples was due to the positive and significant effect ($P < 0.0001$) of soybean meal on that characteristic. The porosity of the samples was significantly affected ($P < 0.0001$) by the interaction of enzyme and ultrasound. Finally, in order to obtain samples with the highest porosity and color, taste and texture scores, it is suggested to use the mixing ratio of soybean meal flour 33%, enzyme 1%, wheat flour 66% and ultrasound altitude 100%.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2022/11/24
Accepted: 2023/6/13

Keywords:

Transglutaminase enzyme,
Soybean meal flour,
Ultrasound,
Barbari bread

DOI: 10.22034/FSC.T.20.137.35
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.137.3.3

*Corresponding Author E-Mail:
Fadavi.ac.ir@gmail.com