(مقاله پژوهشی)

مقایسه‌ی‌اثر استفاده از آردگندم سن‌زده باآنزیم پروتئاز میکروبی‌درتولید وافل

حسن اکرامیان[۱]، محمدرضا سعیدی اصل[۲]، مهدی کریمی[۳*]، زهرا شیخ الاسلامی[۳]، احمدرضا پدرام نیا[۲]

۱-دانشجوی‌دکتری، گروه علوم و صنایع‌غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۳-بخش‌تحقیقات فنی و مهندسی‌کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش‌کشاورزی و منابع‌طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

چکیده

وافل نام نانی ترد و شیرین است که از ترکیب تخم مرغ، شکر و چربی تهیه می‌شود.آردبا میزان پروتئین بالا به دلیل جذب آب بیشتر و درنتیجه الاستیسیته‌ی نامناسب سبب تولید وافل با کیفیت پایین می‌گردد.پروتئاز موجود در بزاق حشره‌ی سن در آرد تهیه شده ازگندم آسیب دیده باقی مانده، به خمیر منتقل شده، گلوتن را هضم کرده و سبب کاهش میزان پروتئین آرد می‌شود. از این‌رو، در این پژوهش اثر آرد گندم سن‌زده در دو سطح (۰/۳ و ۰/۵ درصد) باآنزیم پروتئاز میکروبی در دو سطح (۰/۰۳ و ۰/۰۵ درصد) برپارامترهایی نظیرPH، ویسکوزیته، دانسیته، فعالیت‌آبی، رطوبت، بافت سنجی، مؤلفه‌های رنگی و خصوصیات حسی نمونه‌های تولیدی بر روی خمیر و وافل بررسی شد. نتایج نشان داد PH، رطوبت، سفتی و کشش‌پذیری وافل تولیدی با آرد گندم سن‌زده مشابه به نمونه‌ی حاوی آنزیم پروتئاز کم‌تر بود. بیشترین دانسیته در وافل حاوی ۰/۵ درصد آرد گندم سن زده مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که استفاده از آردگندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی سبب کاهش ویسکوزیته‌ی خمیر در مقایسه با نمونه‌ی شاهد شد. آردگندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز سبب افزایش روشنایی و شاخص*b شد. امتیاز ویژگی‌های حسی نیز نشان داد که ارزیاب‌ها بالاترین امتیاز را به وافل حاوی ۰/۰۳ درصد آنزیم پروتئاز و ۰/۵ درصد آردگندم سن‌زده دادند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان پیشنهاد کرد که از گندم سن‌زده درتهیه‌ی وافل به عنوان یک میان وعده‌ی مطلوب با کیفیت مناسب استفاده کرد.

واژه های کلیدی:گندم سن‌زده ، پروتئاز میکروبی، خصوصیات بافتی، وافل.

*مسئول مکاتبات: mahdikarimi753@yahoo.com

۱--مقدمه

وافل نام نانی ترد و شیرین است که به بیسکوییت بی‌شباهت نیست و از ترکیب تخم‌مرغ، شکر و چربی تهیه می‌شود و بافت‌تردی دارد. ویژگی‌های کیفی‌مطلوب وافل شامل رنگ، بافت یکنواخت و عدم چسبیدن به وافل‌پزاست (۲۵).از بین موادتشکیل دهنده‌ی وافل، آرد گندم نقش اصلی در کیفیت محصول نهایی ایفا می‌کند. زیرا از لحاظ کمیت بیشترین مقدار را در فرمولاسیون دارد. مهم‌ترین جنبه‌ی کیفیت وافل بافت و ضریب پخش[1] (نسبت طول به ضخامت) است. وافل‌هایی‌که دارای ضریب پخش نسبتا ًبالایی هستند، مطلوبیت بیشتری برای مصرف‌کننده دارند. هم‌چنین ساختار و بافت وافل تحت تأثیر قدرت شبکه‌ی گلوتنی است که خود تابعی از میزان پروتئین است(۱۶،۱۵). مقدار پروتئین آرد وافل حداکثر ۹/۵ درصد است و بالا بودن پروتئین آرد به کار رفته در تهیه‌ی وافل باعث سفتی بافت شده و سبب افزایش میزان شکر و روغن مورد استفاده در فرمولاسیون وافل‌می‌شود. با افزایش مقدارپروتئین‌گلوتن، به دلیل افزایش قابلیت جذب‌آب آرد و پایداری خمیر حاصل و به دنبال آن افزایش مقاومت خمیر در برابر کشش خمیر وافل بعد از قالب‌زنی مقداری جمع می‌شود و در نتیجه طول و ضریب پخش وافل‌کاهش می‌یابد.این مسئله بر ویژگی‌های ظاهری وافل‌اثرمنفی‌دارد. هم‌چنین بالابودن قدرت پروتئین و گلوتن باعث‌تشکیل‌شبکه‌ی‌گلوتنی قوی در خمیر می‌شود ودرنتیجه خروج‌گاز حاصل از عوامل عمل‌آورنده در حین پخت با مشکل مواجه می‌شود و وافل بافت ترد و مناسبی نخواهد داشت(۲۲). در صورت استفاده از آرد قوی، برای رسیدن به کیفیت مطلوب یا باید میزان مصرف روغن و شکر در فرمولاسیون افزایش یابد یا از مواد شیمیایی احیاءکننده نظیر متابی‌سولفیت سدیم استفاده شود که از نقطه نظر سلامتی در بسیاری از کشورها مصرف آن ممنوع شده است(۲۷،۱۹). علاوه بر مقدار پروتئین، گلوتن مرطوب آرد، میزان فعالیت آنزیم‌های آمیلولیتیک و پروتئولیتیک موجود در آرد نیز اثر مهمی بر روی‌رنگ و بافت وافل دارد که بین آرد گندم‌های مختلف متفاوت است. پایین بودن کیفیت وافل‌های تولید شده از نظر عطر و طعم را می‌توان به پایین بودن فعالیت آنزیمی آردها نسبت داد. رنگ فرآورده‌های نانوایی در اثر واکنش مایلارد بین اسیدهای آمینه موجود در پروتئین گندم و قندهای احیاءکننده از تجزیه‌ی نشاسته ایجاد می‌شود و اگر فعالیت آنزیمی آرد (بالا بودن عدد فالینگ) پایین باشد، این واکنش به میزان لازم جهت تشکیل رنگ پوسته‌ی محصولات نانوایی انجام نخواهد شد (۱۵). آنزیم به عنوان یکی از اجزاء ضروری جهت بهبود فرآورده‌های نانوایی سال‌هاست که مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان یک منبع نوآوری در محصول برای تولیدکنندگان در فرآیند پخت فرآورده‌های تهیه شده از آرد گندم استفاده می‌شود و می‌تواند در بسیاری از جهات از جمله در بهینه‌سازی فرآیند، افزایش روند سرعت تولید و کاهش هزینه‌های استفاده از مواد افزودنی کمک کند(۹). پروتئاز یک نام کلی برای آنزیم‌هایی است که پروتئین‌ها و پپتیدها را تجزیه و یا اصلاح می‌کند. معمولاً آنزیم‌های پروتئاز تولید شده‌ی صنعتی حاوی مخلوطی از پروتئازها هستند و به میزان گسترده‌ای در صنایع غذایی کاربرد دارند (۱۷). این آنزیم‌ها در بهبود خواص هضم پروتئین‌ها، بهبود حلالیت، اصلاح خصوصیات عملکردی (امولسیفایری ، قابلیت اتصال به چربی‌ها، جذب آب، ایجاد کف، بهبود خواص ژل‌های پروتئینی) و بهبود طعم و پذیرش‌کلی، نقش مؤثری دارند. برای بهبود قابلیت گسترش‌پذیری خمیر، قالب زنی در محصولاتی مانند وافل، کاهش زمان پخت و افزایش بازده نهایی در تولید ویفر و وافل، به تأخیر انداختن فرآیند بیاتی، بهبود بافت درونی، افزایش حجم نان (در هنگام استفاده از آرد با درصد پروتئین بالا)، آنزیم‌های پروتئازی استفاده می‌شوند. این آنزیم ساختار گلوتن را نرم می‌کند و موجب افزایش کشش خمیر، کاهش الاستیسیته و مانع کاهش حجم خمیر و عدم تمایل به جمع‌کردن و برگشت خمیر شکل گرفته می‌شود . بنابراین در صورت استفاده از آنزیم پروتئاز خمیر بیسکوییت، وافل و کراکر به راحتی پهن می‌شود و

1-Spread Ratio

شکل‌گیری آن به سهولت ممکن می‌شود (۲۶). کاربرد تجاری پروتئازهای میکروبی به علت تولید نسبتاً آسان در مقیاس صنعتی در مقایسه با سایر پروتئازها رایج‌ترمی‌باشد. میکروارگانیسم‌هایی که منبع جذاب برای تولید پروتئازها هستند .زیرامی‌توان آن‌ها را در مقادیر زیاد و با استفاده ازروش‌های تخمیرکشت داد و در مدت زمان نسبتاً کوتاهی به مقادیر باکیفیتی از محصول مورد نظر دست یافت (۲۳). در ایران، همواره تأثیرسن گندم به‌ویژه از نظر اقتصادی و اثر مخرب آن بر کیفیت فرآورده های تهیه شده از آرد گندم‌های سن‌زده، مطرح بوده است. سابقه‌ی تاریخی، خسارت اقتصادی و گستره‌ی حضور این آفت در سطح کشور، سن‌گندم را کماکان به عنوان آفت استراتژیک محصولات زراعی معرفی می‌نماید. آنزیم موجود در بزاق سن گندم، یک پروتئیناز بسیار اختصاصی است، که سن هنگام تغذیه از دانه‌ی گندم، همراه با بزاق خود این آنزیم را وارد دانه‌ی گندم می‌نماید. این آنزیم شبیه ترپسین است که باعث هیدرولیز زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا می‌شود. آنزیم پروتئولیتیک بزاق سن قادر است پروتئین‌ها را تخریب نموده و شبکه‌ی گلوتنی را هیدرولیز کرده و پپتیدهایی با وزن مولکولی پایین تولید نماید. این آنزیم‌ها با تجزیه‌ی پیوندهای عرضی $S-S$ در شبکه‌ی گلوتنی موجب تخریب این شبکه می‌شوند (۶). اوزدرن[1] و همکاران (۲۰۰۸)تأثیرسطوح‌متفاوت‌آردگندم سن‌زده (صفر،۲۰ و ۴۰ درصد) را برکیفیت ماکارونی حاصل از گندم دوروم بررسی نمودند. این محققین گزارش کردند با افزایش میزان آرد گندم سن‌زده در فرمول ماکارونی، شبکه‌ی گلوتنی تضعیف شد و کیفیت محصول نهایی کاهش یافت(۲۰). اوری[2] و همکاران(۲۰۰۵) خسارت سن گندم با نام علمی *Nysius huttoni* رادرگندم‌های نیوزلندمورد بررسی قرار دادند(۱۰). این محققان حضور پروتئاز را در آرد و خمیر حاصل از گندم سن‌زده تأیید نموده و این آنزیم را عامل تجزیه‌ی گلوتن و تولید خمیر شل و بی قوام و نان با کیفیت پایین دانستند. کابالرو[3] و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که آرد حاصل از گندم سن‌زده آلوده به پروتئاز است که در خمیر هم فعال باقی می‌ماند و باعث هیدرولیز پروتئین‌های گلوتن و تولید توده‌ی پپتیدها با وزن مولکولی پایین می‌شود(۶). با توجه به توضیحات ذکر شده، این پژوهش با هدف استفاده از افزودن آردگندم سن‌زده و مقایسه‌ی اثر آن با آنزیم پروتئازمیکروبی در بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافت سنجی و حسی وافل انجام گردیده است.

۲-مواد و روش‌ها

جهت انجام تحقیق آردگندم نول ازکارخانه‌یرضوی وگندم سن‌زده از اداره‌ی غله‌ی استان خراسان رضوی تهیه و در شرایط‌خشک تا زمان آزمایش نگه‌داری شد. نمونه‌های‌گندم سن‌زده (۵ درصد سن‌زدگی- میزان سن‌زدگی زمان تحویل گندم از کارخانه مشخص بود) توسط آسیاب آزمایشگاهی غلطکی ساخت کشور سوئد مدل *LAUPEN* 863 پس از مشروط کردن طی آسیابانی، تبدیل به آرد شد و آرد حاصل از الک۵۰۰ میکرون عبور داده شد تا آردی با درجه‌ی استخراج۸۰ رصد به دست آید. سایر موارد شامل شکرسفید، روغن مایع، تخم‌مرغ، پودر نانوایی، وانیل از فروشگاه عرضه‌کننده‌ی مواد اولیه‌ی قنادی در سطح شهرخریداری شد. آنزیم پروتئاز *Aspergillus saitoi* با فعالیت ۱*Umg* نیز از شرکت *Sigma* آلمان تهیه گردید.

۲-۱- روش تهیه‌ی وافل

ابتدا مواد اولیه‌ی مصرفی مطابق با فرمول (آرد ۱۰۰ درصد، پودرنانوایی۰/۱ درصد، شکر ۵۰ درصد، تخم مرغ۵۰ درصد، روغن ۲۵ درصد، شیر (پگاه، مشهد)۵۰ درصد و وانیل۰/۰۱ درصد) توزین شدند. آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی‌مطابق جدول ۱ به نمونه‌های وافل اضافه شدند. برای تهیه‌ی خمیر وافل ابتدا تخم‌مرغ‌ها را تا زمانی که غلیظ شوند و پف کنند هم‌زده، شیر و روغن مایع به آن اضافه و در پایان، آرد، وانیل، پودر نانوایی و شکر را در ظرف

1-Ozderen
2-Every
3-Caballero

جداگانه‌ای الک و با همزن برقی (مدل پاناسونیک-کره جنوبی) با دور کند به مدت ۶ دقیقه مخلوط شدند. هنگامی که مواد آماده شد، مقداری از آن را بر روی قالب وافل‌پز ریخته، پس‌ازگذشت ۴ دقیقه که رنگ وافل‌ها طلایی شدند، از دستگاه خارج شدند (۲۵).

جدول ۱- تقسیم بندی تیمارها

تیمار	آردگندم سن زده(٪)	آنزیم پروتئاز میکروبی(٪)
شاهد	۰	۰
S	۰/۳	۰
S	۰/۵	۰
E	۰	۰/۰۰۳
E	۰	۰/۰۰۵

*S: آرد گندم سن‌زده، E: آنزیم پروتئاز میکروبی

۲-۲-اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خمیر وافل

وزن مخصوص خمیر وافل با استفاده از روش محاسبه نسبت وزن۲۴۰میلیلیتر از خمیر وافل به وزن ۲۴۰میلیلیترآب مطابق روش آشوینی[1] و همکاران اندازه‌گیری شد(۳). جهت اندازه‌گیری قوام از قوام سنج بوستویک(چین) استفاده شد، این دستگاه دارای محفظه‌ای مکعب مستطیل شکل با دو خانه‌ی‌کوچک وبزرگ بودکه خمیر درون خانه‌ی کوچک ریخته شد و بعد از آزادکردن تیغه‌ی بین دو خانه، مسیر طی شده توسط خمیردر زمان۲۰ ثانیه قرائت وعکس مسافت طی شده توسط خمیر به عنوان قوام گزارش شد(۲۴). PH خمیر توسط یک PH متر مدل۶۹۱*Metrohm* ساخت کشور سوییس اندازه‌گیری‌شد. در ابتدا ۱۰ گرم خمیر در ۱۰۰ گرم آب‌مقطر حل شد. سپس محلول به مدت ۱۵ دقیقه به‌وسیله‌ی یک همزن مغناطیسی هم زده شد. پس از اتمام این مدت زمان محلول به مدت ۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه به حالت سکون قرار گرفت و در نهایت PH آن اندازه‌گیری شد.

۲-۳- اندازه‌گیری فیزیکو شیمیایی وافل

ر طه یته افا مطابق استاندا د2000 *AACC*(۱) تعی گ دید.

اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی*Novasina ms1-aw, Axair Ltd* (ساخت کشورسوئیس)، دردمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۲ ساعت بعد از پخت نهایی انجام شد.

۲-٤-آنالیز بافت

بافت وافل تهیه‌شده با آردگندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی با استفاده ازآزمون نفوذ ارزیابی شد. آزمون بافت‌سنجی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل *QTSCNS Farnell,*، انگلستان) متصل به رایانه، انجام گردید. این دستگاه متصل به یک پروب استوانه‌ای با قطر۱۰ میلی‌متر بود. برای محاسبه‌ی آزمون نفوذ نمونه‌ی تهیه‌شده زیر پروب روی یک صفحه‌ی دارای سوراخ قرار گرفت. نیروی لازم برای سوراخ کردن وافل به‌عنوان سفتی و طول کش آمدن بافت وافل تا پاره شدنبه‌عنوان میزان کشش‌پذیری بر حسب واحد میلی‌مترمحاسبه شد. سرعت حرکتکاوشگر[2] 30 میلی‌متر در دقیقه و نقطه‌ی شروع N ۰/۵بود (۲۵).

2-Probe

1-Ashwini

۲-۵- آنالیز مؤلفه‌های رنگی ($L^* a^* b^*$)

آنالیزرنگ‌وافل‌ازطریق‌ارزیابی۳شاخص *L، *aو *b صورت پذیرفت. شاخص *L میزان روشنایی نمونه را نشان می‌دهد و عدد آن بین صفر سیاه خالص تا ۱۰۰ سفید خالص متغییر است. شاخص *a میزان نزدیکی رنگ نمونه به سبز و قرمز وشاخص *bمیزان نزدیکی به رنگ آبی و زرد است. دامنه‌ی شاخص‌های a و b بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متفاوت است. برای انجام آزمون رنگ جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا از وافل به وسیله‌ی اسکنر (مدل*HPScanjetG*3010، چین) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار *ImageJ* قرار گرفت .با فعال کردن فضای*Lab* در بخش*Plugins*، شاخص‌های فوق محاسبه شد (۱۲).

۲-۶- خصوصیات حسی

خصوصیات حسی نمونه‌های وافل توسط ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده بین سن ۲۵ تا ۴۰ سال مرد و زن در دمای‌محیط‌ارزیابی شدند و ازآن‌ها خواسته شد تا ویژگیهای بافت(تردی، قابلیت چسبندگی)، طعم، آروما و پذیرش کلی را بررسی نمایند. درقالب آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام و درجه‌ی مطلوبیت از ۵ برای بسیارخوب تا ۱ برای بسیاربد سنجیده شد.

۲-۷-آنالیز آماری

در این پژوهش ازآردگندم سن‌زدهدر دو سطح ۰/۳ و ۰/۵ درصد و آنزیم پروتئاز میکروبی در دو سطح ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵ درصددر قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده شد.تمامی آزمایشات در سه تکرار صورت گرفت و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۱ استفاده گردید. اختلاف بین میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ درصد ارزیابی شد و نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم گردید.

۳- نتایج وبحث

۳-۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خمیر وافل

درجدول ۲ ویژگی‌های PH، مقاومت، فعالیت آبی، رطوبت و دانسیته‌ی‌خمیروافل بررسی‌شد. همان طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج مقایسه‌ی‌بین‌آردگندم سن‌زده به خمیر وافل‌باآنزیم‌پروتئازمیکروبی‌نشان‌دادبیشترین‌میزان PHمربوط نمونه‌ی شاهد بود و کمترین میزان آن در نمونه‌ی حاوی ۰/۰۰۵ درصد آنزیم پروتئاز میکروبی مشاهده شد. البته بین اثر پروتئازی آرد گندم سن‌زده با آنزیم پروتئاز میکروبی تفاوت‌معنی‌داری‌درسطح‌معنی‌داری‌نبود ($P<0/05$). تخریب پروتئین‌هاوهیدولیزشبکه‌ی‌گلوتن توسط آنزیم‌های پروتئازی سبب تولید پپتیدهای با وزن ملوکولی کمتر می‌شود. این آنزیم‌ها با تجزیه‌ی پیوندهای عرضی S-S شبکه‌ی گلوتنی موجب تخریب این شبکه و سبب آزادشدن گروه‌های آمینی می‌شوند (۱۱).آذری و همکاران (۲۰۲۰)کاهش PH کیک تهیه‌شده‌ازمخلوط‌آردهای‌گندم‌سن‌زده و معمولی را گزارش نمودند(۴).بنابراینمی‌توان نتیجه گرفت که فعالیت آنزیم در ساختار آرد مصرفی رابطه‌ی مستقیمی با کاهش PH خمیر و در نهایت نمونه‌ی تولیدی دارد. به طوری که با افزایش فعالیت آنزیمی در آرد و هم‌چنین خمیر حاصل از آن، میزان PH کاهش یافت.انهدام فاز پروتئینی نامحلول در الکل (گلوتنین) علت اصلی از بین رفتن کیفیت گندم‌های سن‌زده است و آزاد شدن گروه‌های آمینی بسیار محدود است به گونه‌ای که در نتایج ما هم اختلاف معنی‌داری در PHایجاد نکرده است .دیگر محققان نیز بیان کردند آنزیم‌های پروتئولیتیک سبب کاهشPH خمیر می‌شود(۱۸). چگالی و ویسکوزیته‌ی خمیر دو پارامتری هستند که اثرات مهمی بر سیالیت خمیر و کیفیت نهایی وافل دارند(۱۴،۱۳).چگالی محصول ارتباط مستقیمی با انبساط خمیردرطول تخمیر، پخت و حفظ گاز در ساختار وافل دارد. بسیاری از عناصر فرمولاسیون و فاکتورهای فرآیند برروی آن تأثیرمی‌گذارد. همان‌طوری که در جدول۲ مشاهده می‌شود با افزایش درصد آنزیم پروتئاز و پروتئاز گندم سن‌زده چگالی کاهش یافت وکمترین چگالی مربوطبه وافل تهیه شده با ۰/۰۰۵

درصد آنزیم پروتئازی و ۰/۵ درصد آرد گندم سن‌زده بدون تفاوت معنی‌داری بود (P>۰/۰۵). آنزیم پروتئاز سبب تجزیه‌ی پروتئینبه پپتیدهای کوچک‌تر و اسیدهای‌آمینه و تضعیف شبکه‌ی گلوتن می‌شود و متعاقباً قدرت گلوتن را در نگه‌داری گازکاهش می‌دهد. درنتیجه حجم خمیرکم و خمیرشل‌می‌شود. اضافه کردن پروتئازها به فرمولاسیون وافل باعث کاهش چگالی وافل شد. هوبر و چانل چنر[1](۲۰۱۷) بیان‌کردند هرچه‌چگالی خمیر بیشتر باشد، درصد چسبندگی وافل به سطح وافل‌پز کمتر می‌شود. این محققان بیان کردند که خمیر وافل با PH در حدود ۶/۵، وزن مخصوص ۹۲/۴۷ و ویسکوزیته‌ی ۱۲۰ پاسکال/ثانیه برای تهیه‌ی وافل با کیفیت مانند گسترش‌پذیری مناسب، بافت مطلوب و عدم چسبیدن به وافل‌پز مطلوب است(۱۴). نتایج این پژوهش نشان‌داد که استفاده از آنزیم پروتئاز میکروبی در سطح ۰/۰۵ درصد کیفیت مشابه با نتایج تحقیقات قبلی است. در خمیرها، تأثیر هوادهی بر ویسکوزیته بسیار مهم است. هرچه هوادهیبیشتر، ویسکوزیته‌ی خمیرکم‌تر و از نظرعملی، خمیرشل‌تر می‌شود (ساختارکف مانند). در یک فرمولاسیون وافل، چگالی و ویسکوزیته با هم همبستگی دارند. تحت تأثیر هوادهی قرار می‌گیرند، هر چه هوادهی بالاتر باشد، چگالی و ویسکوزیته کمتراست. اماچگالی و ویسکوزیته (یا خاصیت کف کردن) نیز به شدت توسط ترکیبات فرمولاسیون تحت تأثیر قرار می‌گیرند. برخی از فرمولاسیون‌ها نیز اگر چه چگالی بالایی دارند اما قابلیت حفظ سلول‌های گازی و تشکیل شبکه‌ی کف را بعد از هوادهی نشان می‌دهند (۱۳). بررسی اثر افزودن آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی بر قوام خمیر (جدول ۲) نشان داد که استفاده از آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی سبب کاهش قوام (بیشترین مسافت طی شده برابر است با قوام کمتر) خمیر در مقایسه با نمونه‌ی شاهد شد. مقایسه‌ی میانگین میزان قوام نمونه‌های حاوی سطوح متفاوت آرد گندم سن‌زده باغلظت‌های متفاوت آنزیم پروتئاز میکروبی اختلاف معنی‌داری را در سطح آماری۵ درصد نشان نداد، بدان معنا که قوام خمیر حاوی ۰/۵درصد آردگندم سن‌زده ۲۱/۷۵سانتی‌متر و قوام خمیر حاوی بیشترین میزان آنزیم پروتئاز میکروبی۲۰/۴۱سانتی متر بود که تفاوت‌معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از سطح ۰/۳ و ۰/۵ درصد آرد سن زده و سطح ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵ درصدآنزیم‌پروتئازمیکروبی تفاوت معنی‌داری بر فعالیت آبی وافل در سطح معنی‌داری نداشت (P> ۰/۰۵)، که این امر به احتمال زیاد بدان علت است که میزان مصرف آنزیم پروتئاز یا آردگندم سن‌زده تا حدی نبوده است که ریزساختار وافل چنان دستخوش تغییر شود که بر میزان آب باند شده اثر مثبت یا منفی بگذارد. مطالعه‌ی تأثیر فرمولاسیون وافل تولید شده بر میزان رطوبت محصول نهایی در جدول۲نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش میزان آنزیم پروتئاز و آرد گندم سن‌زده در ساختار وافل تولیدی میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی کاهش پیدا کرد (P< ۰/۰۵). به طوری که بالاترین میزان رطوبت در نمونه‌ی شاهد و بعد از آن برای وافل حاوی ۰/۰۰۳ درصد آنزیم پروتئاز بود. کم‌ترین میزان رطوبت دروافل حاوی ۰/۰۵ درصد آرد سن‌زده مشاهده شد. بقیه‌ی نمونه‌های وافل‌تولید شده با هم اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد نداشتند. علت این امر به‌دلیل نقش گلوتن در جذب آب و کاهش در میزان الاستسیته در اثر تخریب در گلوتن می‌باشد. در واقع با افزایش میزان آنزیم و یا وجود آرد گندم سن‌زده باعث تخریب گلوتن در این آرد، جذب آب آرد کاهش یافته و هم‌چنین به دلیل شکستن پیوندهای پپتیدی گلوتن، خروج آب راحت‌تر شده و درنتیجه رطوبت کاهش می‌یابد. فرآورده‌هایی از قبیل وافل برخلاف سایر فرآورده‌های نانوایی از قبیل انواع نان‌ها و هم‌چنین انواع کیک و کلوچه میزان رطوبت کمتری را دارند. بنابراین با کمتر شدن رطوبت بر میزان مقبولیت افزوده می‌شود و هم‌چنین عمر انبارمانی آن‌ها افزایش می‌یابد.

1-Huber and Schoenlechner

جدول۲- تأثیر غلظت‌های مختلف آردگندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی برویژگی‌های فیزیکوشیمیایی وافل

نمونه‌های وافل	PH	دانسیته (سانتیمترمکعب/گرم)	مقاومت (سانتیمتر)	رطوبت(٪)	فعالیت آبی(٪)
شاهد	۷/۵±۰/۳^{a}	۱۰۸/۱۰±۳/۰۶^{a}	۸/۹۵±۲/۰۵^{c}	/۳۰±۱/۵۳^{a} ۳۰	/۸۱±۰/۳^{a} ۰
S۰/۰۳	۷/۰۸±۰/۲^{a}	۱۰۰/۲٤±۲/٦^{b}	۱۹/۹٤±۲/۲^{ab}	٦۲±۱/٤۸^{ab} ۲۸/	/۸۱±۰/۲^{a} ۰
S۰/۰۵	۷±۰/۲^{a}	۹۲/۳۵±۳/۰۲^{c}	۲۱/۷۵±۲/٤^{a}	/۵۷±۱/۰٦^{b} ۲٦	/۸۲±۰/۳^{a} ۰
E۰/۰۳	۷/۱۳±۰/٤^{a}	۹۹/۵٦±۲/۵۵^{bb}	۱۸/۸٤±۲/۳^{b}	۲۹±۱/٤۵^{a}	/۷۹±۰/۲^{a} ۰
E۰/۰۵	٦/۸±۰/۳^{ab}	۹۱/٤۳±۳/۰۳^{c}	۲۰/٤۱±۲/۰^{a}	/۸۹±۱/٦۷^{b} ۲۷	/۸۱±۰/٤^{a} ۰

*تفاوت‌ها بین تیمارها نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح(P< ۰/۰۵) می‌باشد.

*S: آرد گندم سن‌زده، E: آنزیم پروتئاز میکروبی.

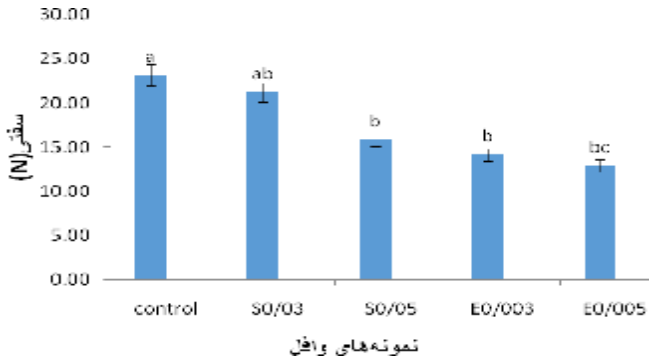
۳-۲- ارزیابی بافت وافل

بررسی نتایج بافت وافل (شکل ۱)نشان داد که استفاده از آنزیم‌پروتئازمیکروبی وآردگندم سن‌زده سبب کاهش سفتی و کشش‌پذیری وافل شد. همان‌طورکه‌درنتایج نشان می‌دهد، عملکردآنزیم پروتئاز میکروبی در مقایسه با آرد سن زده در کاهش سفتی وافل بیشتر بودو در غلظت کم تر آنزیم،سبب هیدرولیز بیشتر پیوندهای پپتیدی شد. آنزیم پروتئازمیکروبی باعث افزایش تعداد وافل‌ها شد. زیرا با تخریب شبکه‌ی گلوتن سبب نرم شدن و افزایش گسترش خمیر وافل گردید. نمونه‌ی شاهد بیشترین میزان سفتی را پس از طی ۲ ساعت نگه‌داری در دمای محیط داشت، نمونه‌های حاوی۰/۰۰۵ درصدآنزیم پروتئاز کمترین سفتی و بعد از آن سطح ۰/۰۰۳ درصد آنزیم پروتئاز بود و بین درصدهای مختلف آرد سن زده در تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(P> ۰/۰۵).کارا[1]و همکاران (۲۰۰۵) اثر پروتئازی آردگندم سن‌زده با آنزیم پروتئازمیکروبی رابرویژگی‌های کیفی و بافت سنجی کوکی مقایسه نمودند. نتایج این محققان نشان داد آنزیم پروتئازی باعث هیدرولیزکامل پیوندهای گلوتنین برای هر دو زیر واحد گلوتنین در خمیرشد و هیچ باند پروتئینی مشاهده نشد. اما اثر آنزیم پروتئاز آرد گندم سن‌زده تنها باعث تغییرات قابل توجهی در الگوهای گلوتنین گندم شد(۱۶). آنزیم پروتئازمیکروبی سبب تجزیه‌ی پروتئینبه پپتیدهای کوچک‌تر و اسیدهای‌آمینه می‌شود. درنتیجه باعث تخریب قابل توجهی پروتئین‌های گلوتن می‌شوند(۵) و متعاقباً قدرت گلوتن را کاهش می‌دهد، در نتیجه اضافه کردن پروتئازها به فرمولاسیون‌هاوافل‌باعث‌کاهش‌سفتی افزایش گسترش‌پذیری و تردی محصول نهایی شد. پانگال[2](۲۰۱۱)بر اساس نتایج پژوهش‌خودگزارش کرد که افزودن آنزیم پروتئاز در غلظت ۰/۰۵ درصد (P<۰/۰۵) تأثیر معنی‌داری بر فاکتور گسترش کوکی‌ها و کاهش سفتی داشت. افزودن سطوح بالای آنزیم پروتئاز باعث کاهش قوام خمیر و چسبنده شدن خمیروشکل‌دهی‌سخت‌ترآن‌شد(۲۱).احمدو مکاران(۲۰۱۵) اثر انواع آنزیم پروتئاز را برنرم شدن خمیرکوکی بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش غلظت پروتئازها سفتی کوکی کاهش می‌یابد. زیرا سبب تضعیف شبکه‌ی پروتئین و نرم شدن و درنتیجه گسترش‌پذیری کوکی‌ها شد(۲).

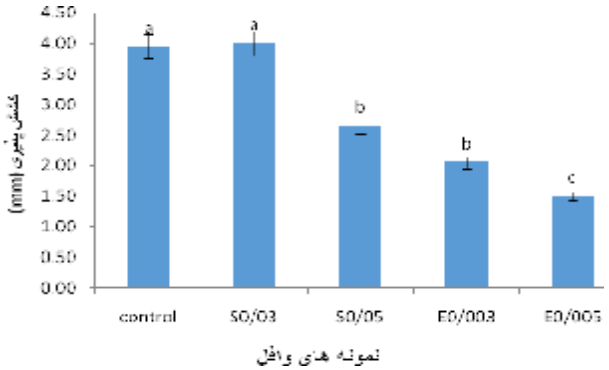
1-Kara

2- Panghal

بررسی نتایج به دست‌آمده از کشش‌پذیری بافت محصول نهایی (وافل) (شکل ۲) نیز نشان‌داد که استفاده از آنزیم پروتئاز میکروبی و آرد گندم سن‌زده سبب کاهش کشش‌پذیری و افزایش تردی وافل شد. همانطور که نتایج نشان‌می‌دهد استفاده از پروتئازها باعث کاهش کشش‌پذیری وافل و افزایش تردی شدند. وافل شاهد بیش‌ترین میزان کشش پذیری و نمونه‌ی حاوی ۰/۰۰۵ درصد آنزیم پروتئاز کم‌ترین کشش‌پذیری راداشت، نمونه‌ی حاوی ۰/۰۳درصد آنزیم‌پروتئازودرصدهای مختلف آرد گندم سن‌زده بدون اختلاف‌معنی‌داری‌بودند($p<0/05$). بهبود تردی دروافل‌های تهیه شده با استفاده از انواع پروتئازها می‌تواند به دلیل هیدرولیز پروتئین‌های‌لوتنین،که به عنوان عامل خاصیت ارتجاعی خمیر، باشد(۱۶).هیدرولیزپروتئین‌های‌گلوتن،که وظیفه‌ی خاصیت ارتجاعی‌خمیررادارند، اثرات قابل توجهی در میزان گسترش وافل و افزایش تردی‌آن‌هادارد(۱۶،۷). دی فیلی[1]و همکاران (۲۰۰۴)گزارش کردند که استفاده از غلظت (۰/۰۲ درصد) آنزیم پروتئاز باعث کاهش قوام خمیر، چسبندگی و افزایش تردیشد(۸).



شکل۱- مقایسه‌ی تأثیر غلظت‌های مختلف آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی بر میزان سختی وافل.



شکل ۲- مقایسه‌ی تأثیر غلظت‌های مختلف آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی بر میزان کشش‌پذیری وافل.

1-De Pilli

۳-۳- ارزیابی شاخص‌های رنگی(L* b* a*) وافل

بررسی نتایج به دست آمده از شاخص‌های رنگی وافل (جدول۳) نشان داد که استفاده از آنزیم پروتئاز میکروبی و آرد گندم سن‌زده سبب افزایش روشنایی وافل شد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد،اثرآرد گندم سن‌زده نسبت به آنزیم پروتئاز میکروبی در افزایش میزان روشنایی وافل بیشتر بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان روشنایی وافل در نمونه‌ی حاوی ۰/۰۰۵ درصد آنزیم پروتئاز و کم‌ترین میزان روشنایی وافل درنمونه‌ی‌شاهد بود. نتایج شاخص a* نیز نشان داد بیش‌ترین میزان این شاخص مربوط به نمونه‌ی شاهد بود. هم‌چنین نتایج‌نشان‌داد که‌استفاده‌ازآردگندم سن‌زده و آنزیم پروتئازاثر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بر شاخص a* نداشت. افزودن آنزیم پروتئاز و آرد گندم سن‌زده به فرمول وافل سبب‌افزایش‌شاخص b*وافل شد، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان این شاخص در نمونه‌ی شاهد و بیش‌ترین میزان در نمونه‌ی حاوی ۰/۵درصد آرد سن‌زده بود. اما مقایسه‌ی بین آرد گندم‌سن‌زده درسطح ۰/۰۰۵ درصد باآنزیم پروتئاز میکروبی نشان داد که بین‌آن‌ها تفاوت معنی‌داری در میزان شاخص b* در سطح اطمینان۹۵درصد مشاهده نشد ($p>0/05$). واکنش مایلارد که بین اسیدهای آمینه / پپتیدها و قندهای ساده رخ می‌دهد، مسئول عطر و رنگ محصولات پخت است. پروتئازها، اثر تخریب‌کننده بر هر دو پروتئین گلیادین و گلوتنین دارند و در نتیجه سبب تولید پپتیدهای کوچک‌تر و اسیدهای‌آمینه می‌شوند. افزایش سطح پپتیدهای کوچک و اسیدهای‌آمینه آزاد که با عمل پروتئازها آزاد می‌شوند، باعث افزایش شدت واکنش مایایلارد می‌شود. همین امر موجب‌افزایش‌شاخص b* و کاهش روشنایی وافل شد.میزان چسبندگی‌وافل‌هاارتباط‌معنی‌داری با شاخص b* (همبستگی مثبت) و همبستگی منفی با شاخص a* دارد. اگر میزان شاخص a* زیاد باشد و شاخص b* و L* کمتر، وافل تیره‌تر خواهد بود و نیروی بیشتری برای جدا کردن از وافل پز نیاز دارد. وافل با بافتی یکنواخت و منظم، رنگ بهتر (روشنایی مطلوب، قرمزی کمتر و زرد بیشتر)، پایدارتر و چسبندگی کمتر (نیروی‌کمتر برای جدا کردن از وافل پز) دارد(۱۳). کارا و همکاران (۲۰۰۵) در مقایسه‌ی بین اثر فعالیت پروتئازی‌آردگندم سن‌زده با آنزیم پروتئاز میکروبی گزارش کردند که آنزیم پروتئازمیکروبی اثر بیشتری بر افزایش بیشتر روشنایی و شاخص b* در کوکی شد(۱۶).

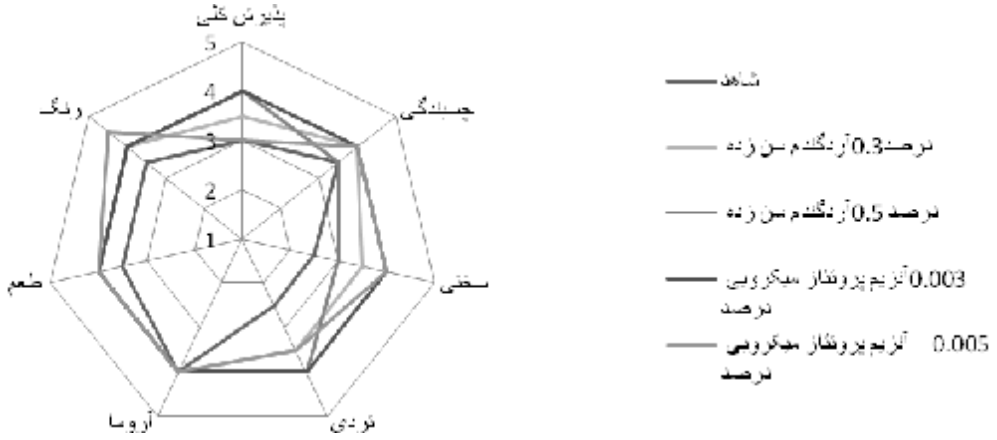
جدول۳- تأثیر غلظت‌های مختلف آردگندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی بر میزان مؤلفه‌های رنگی وافل

تیمارهای وافل	L*	a*	b*
شاهد	۶۰/۴۹±۱/۲۳^{d}	۵/۷۳±۰/۷۶^{a}	۲۰/۱۶±۱/۱۶^{c}
S۰/۰۳	۶۲/۴۳±۱/۷۴^{c}	۴/۴۵±۰/۶۱^{b}	۲۳/۴۹±۱/۴۳^{a}
S ۰/۰۵	۶۵/۵۴±۱/۸۶^{b}	۴/۶±۰/۲۹^{b}	۲۴/۵۴±۱/۲۴^{a}
E۰/۰۳	۶۳/۱۷±۱/۳۷^{c}	۴/۹۱±۰/۴۲^{b}	۲۲/۹۰±۱/۵۳^{b}
E۰/۰۵	۶۷/۴۵±۱/۶۵^{a}	۳/۸۸±۰/۴۹^{b}	۲۳/۳۷±۱/۱۲^{a}

S*: آرد گندم سن‌زده، E: آنزیم پروتئاز میکروبی

۳-٤- ارزیابی خصوصیات حسی وافل

ارزیابی آنالیز حسی توسط داوران حسی در شکل۳ نشان داده شده است. همان طور که نتایج نشان می‌دهد، ارزیاب‌ها بالاترین امتیاز را به وافل حاوی ۰/۰۰۳ درصد آنزیم پروتئاز و ۰/۵ درصد آردگندم سن زده دادند. بررسی چسبندگی و سختی بافت وافل نشان داد که بین سطوح مختلف آنزیم پروتئاز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵)، اما امتیاز آن بالاتر از آرد گندم سن‌زده بود. در رابطه با امتیاز آروما بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد مشاهده نشد. بررسی امتیاز طعم و رنگ نیز نشان داد نمونه‌های تهیه شده با آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز مطلوب‌تر از نمونه‌ی شاهد بودند اما بین این نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نبود (P>۰/۰۵). علت بالاتر بودن امتیاز وافل‌های حاوی آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئازنسبت به نمونه‌ی شاهد را می‌توان به بافت نرم‌تر و تردتر آن نسبت داد که آن هم ناشی از فعالیت آنزیم پروتئاز و نرم شدن ساختار گلوتنی می‌باشد. هم‌چنین در اثر فعالیت آنزیمی، واکنش میلارد شدت یافت و رنگ آن بهبود پیدا کرد. کمتر بودن میزان رطوبت هم در وافل‌های حاوی آرد گندم سن‌زده و آرد حاوی آنزیم سبب تردتر شدن آن‌ها گردید.احمد و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود بر روی پتی بور تهیه شده با آنزیم پروتئاز میکروبی گزارش کردند که نمونه‌های تهیه شده با سطوح بالاتر آنزیم پروتئاز، دارای امتیازات بالاتر (p< ۰/۰۵) از نمونه‌ی شاهد در تمامی خواص حسی بودند(۲).



شکل۱-.مقایسه‌ی تأثیر غلظت‌های مختلف آرد گندم سن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی بر ویژگی‌های حسی وافل.

٤-نتیجه گیری

در این تحقیق بررسی امکان استفاده از آردگندم سن‌زده دردو سطح (۰/۳ و ۰/۵ درصد) به عنوان منبع آنزیم پروتئازو آنزیم پروتئازمیکروبی(در دوسطح ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۳ درصد) در تهیه‌ی وافلبررسی شد.PH وافل‌ها در اثر افزایش فعالیت آنزیمی کاهش یافت که تفاوت معنی‌داری نبود .رطوبت وافل‌ها تحت‌تأثیرفعالیت‌آنزیمی‌آرد بوده و با افزایش فعالیت آنزیمی، رطوبت کاهش داشت. بیشترین افزایش دانسیته، مربوط به وافل تهیه شده با ۰/۵ درصد آردگندم سن‌زده بود. استفاده از آردسن‌زده و آنزیم پروتئاز میکروبی سبب کاهش ویسکوزیته‌ی خمیر در مقایسه با نمونه‌ی شاهد شد. آرد گندم‌سن‌زده‌تأثیربیشتری‌بر کاهش *L و افزایش شاخص *b داشت. بررسی امتیاز ویژگی‌های حسی نشان داد که ارزیاب‌ها بالاترین امتیاز را به وافل حاوی ۰/۰۰۳ درصد آنزیم‌پروتئاز و۰/۵درصد آردگندم سن زده دادند. وافل‌های تهیه شده از آردگندم‌سن‌زده وآنزیم پروتئاز به دلیل تخریب

ساختارگلوتنی و نرم‌تر شدن آن، سفتی و کشش‌پذیری کم‌تری داشتند.از نتایج به دست آمده می‌توان این‌گونه نتیجه‌گرفت که استفاده از آردگندم سن‌زده به عنوان جایگزین‌آنزیم‌پروتئازمیکروبی، نتایج تقریباً مشابهی با آنزیم پروتئاز داشت، از طرفی دیگر به دلیل هزینه‌ی پایین‌تر آرد گندم سن‌زده در مقایسه با آنزیم‌های پروتئاز خارجی و قابل دسترس بودن آن، استفاده از آن در محصولاتی که آرد ضعیف‌تری را می‌طلبند (مانند وافل) مطلوب می‌باشد.

۵- منابع

1.AACC. 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. Am. Assoc. of Cereal Chem., Inc. St. Paul. Minnesota.

2.Ahmed, R., Ali, R., Khan, M.S., Sayeed, S.A., Saeed, J.,and Yousufi, F. 2015. Effect of proteases and carbohydarse on dough Rheology and End quality of cookie.*American Journal of Food Science and Nutrition Research, 2*(2): 62-66.

3.Ashwini, A., Jyotsna, R.and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids, 23*(3): 700-707.

4.Azari, M., Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mirmoghtadaie, L. and Hosseini, S. M. 2020. Optimization of Physical properties of new gluten-free cake based on applepomace powder using starch and xanthan gum. Food Science and Technology International, pp.108-129.

5.Bambara, R. A., Murante, R. S. and Henricksen, L. A. 1997. Enzymes and reactions at the eukaryotic DNA replication fork. *Journal of Biological Chemistry, 272*(8): 4647-4650.

6.Caballero, P. A., Bonet, A., Rosell, C. M.and Gómez, M. 2005. Effect of microbial transglutaminase on the rheological and thermal properties of insect damaged wheat flour. *Journal of cereal science, 42*(1): 93-100.

7.Cauvain, S. P. and Young, L. S. 2007. Technology of breadmaking.

8.De Pilli, T., Severini, C., Carbone, B. F., Giuliani, R. and Derossi, A. 2004. Improving fatty extruded structure with amylase and protease. *Journal of Food Biochemistry*, 28: 387–403.

9.Dubat, A. and Boinot, N. 2012. Mixolab applications handbook. Rheological and enzymes analyses. France: Chopin Technology0, pp. 10-15.

10.Every, D., Sutton, K., Shewry, P., Tatham, A. and Coolbear, T. 2005. Specificity of action of an insect proteinase purified from wheat grain infested by the New Zealand wheat bug, Nysius huttoni. *Journal of cereal science, 42*(2): 185-191.

11. Goesaert, H., Gebruers, K., Courtin, C., Brijs, K. and Delcour, J. 2006. Enzymes in breadmaking. Bakery products: science and technology, 1.

12.Hejrani, T., Sheikholeslami, Z., Mortazavi, A. and Davoodi, M. G. 2017. The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. *Food Hydrocolloids, 71*: 252-257.

13.Huber, R. and Schoenlechner, R. 2017b. Waffle production: influence of batter ingredients on sticking of waffles at baking plates—Part II: effect of fat, leavening agent, and water. *Food science & nutrition, 5*(3): 513-520.

14.Huber, R. and Schoenlechner, R. 2017a. Waffle production: influence of batter ingredients on sticking of fresh egg waffles at baking plates—Part I: effect of starch and sugar components. *Food science & nutrition, 5*(3): 504-512.

15.Jafarzadeh, F., Azizi, M., Rashme Karim, F. and Haratian, P. 2012. PHysico-chemical properties of some commercial lines of Iranian cultivated wheat flour and their effects on sensory attribute of biscuit. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 7*(1): 101-109.

16.Kara, M., Sivri, D. and Köksel, H. 2005. Effects of high protease-activity flours and commercial proteases on cookie quality. *Food Research International, 38*(5): 479-486.

17.Kulp, K. 1993. Enzymes as dough improvers. In Advances in baking technology, Springer, pp. 152-178.

18. Lopez, H. W., Duclos, V., Coudray, C., Krespine, V., Feillet-Coudray, C., Messager, A. et al. 2003. Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats. *Nutrition, 19*(6): 524-530.

19.Manohar, R. S. and Rao, P. H. 2002. Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict

biscuit quality. *Food Research International, 35*(9): 807-813.
20.Ozderen, T., Olanca, B., Sanal, T., Ozay, D. S. and Koksel, H. 2008. Effects of suni-bug (Eurygaster spp.) damage on semolina properties and spaghetti quality characteristics of durum wheats (Triticum durum L.). *Journal of cereal science, 48*(2): 464-470.
21.Panghal, A. 2011. Effect of Enzymes on Cookies Quality Anil Panghal, Navndhi, Namita Singh1 and BS Khatkar. *Annals of Agri-Bio Research, 16*(1): 75-78.
22.Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M. et al. 2009. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of food engineering, 90*(3): 400-408.
23.Qihe, C., Guoqing, H., Yingchun, J.and Hui, N. 2006. Effects of elastase from a Bacillus strain on the tenderization of beef meat. *Food Chemistry, 98*(4): 624-629.
24.Rahimi, Sh. 2018. Evaluation of common plantain (commen plantain Plantago major L.)gum as fat replacer on PHysicochemical, textureand micro-structural of (Wheat-Quinoa) cupcake.master thesis of food science andtechnology, Islamic Azad University of Science& Research Branch. Cake.Master thesis. Iran, Quchan. (In Persian).
25.Tiefenbacher, K. 2009. Handbook of wafer technology. *House handbook for Franz Haas Waffel-und* Keksanlagen-*Industrie* GmbH, Leobendorf, Austria, pp. 1-33.
26.Vemulapalli, V., Miller, K.and Hoseney, R. 1998. Glucose oxidase in breadmaking systems. *Cereal Chemistry, 75*(4): 439-442.
27.Werteker, M.and Kramreither, G. 2008. Relation between susceptibility to wheat bug attack and digestibility of glutenin. *Journal of cereal science, 47*(2): 226-232.

(Original Research Paper)

Comparision the Eeffect of Sunn Pest Flour wheat and Microbial Protease on Waffle Production

Hassan Ekramian[1], Mohammadreza Saeedi Asl[2], Mahdi Karimi[3*], Zahra shikholeslami[3], Ahmad Pedram Nia[2]

1-PhD Student of Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
2- Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
3-Department of Technical Research and Agricultural Engineering, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extention Organization, Mashhad, Iran.

Received:29/09/2020 Accepted:13/02/2021

Abstract

Waffle is the name of crispy and sweet bakery products that is not unlike biscuits and is made from eggs, sugar and fat and has a crispy texture. Flour with a high amount of protein due to higher water absorption and consequently inadequate elasticity leads to the production of low quality waffles. The protease in the saliva of the insect remained in the flour prepared from the damaged wheat, transferred to the dough and digested gluten, so reducing the protein content of the flour. The aim of this study was investigated the effect of insect wheat flour at levels (0.3% and 0.5%) with microbial protease enzyme at levels (0.03% and 0.05%) on Physicochemical, rheological and sensory properties of waffle. For this purpose, PH, viscosity, density, water activity, moisture content, texture, color index and sensory properties were evaluated. The results showed that the PH, moisture, firmness and elasticity of the waffle produced with insect wheat flour were similar to the sample containing protease enzyme. The highest density was observed in waffles containing 0.5% of insect wheat flour. The results also showed that the use of insect wheat flour and microbial protease enzyme reduced the viscosity of the dough compared to the control sample. The insect wheat flour and protease enzyme increased brightness and b * index. Sensory properties score also showed that the panelist gave the highest score to waffles containing 0.03% of protease enzyme and 0.5% of insect wheat flour. According to the results of this study, it can be suggested that insect wheat suitable for preparation of waffles as a desirable snack with good quality.

Keywords: Insect Wheat,Microbial Protease, Textural Properties, Waffles.

*Corresponding Author: mahdikarimi753@yahoo.com