مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر سبوس با میزان اسید فیتیک کاهش یافته به روش تلفیقی آسیاب/اتوکلاو/ آون بر خواص رئولویکی و فاکتورهای پخت پاستای فرمی سدانو

سمانه گل محمدی[۱]، مریم میزانی[۲*]، امین سید یعقوبی[۳]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی،واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲-استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی،واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳-دکتری صنایع غذایی، عضو مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زرنام.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۸/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۲/۱٦

کلمات کلیدی:

سبوس گندم ،

اسید فیتیک،

پاستا،

ویژگی های رئولوژیکی،

کیفیت پخت

DOI: 10.22034/FSCT.20.134.149

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6

* مسئول مکاتبات:

m.mizani@srbiau.ac.ir

چکیده

امروزه پاستا یکی از محصولات غذایی پر مصرف است و استفاده از سبوس در فرمولاسیون آن راهکاری مناسب جهت تولید محصول مغذی و غنی از ترکیبات فیبری می باشد. وجود اسید فیتیک در سبوس به دلیل تشکیل کمپلکس با ترکیبات ریزمغذی و از دسترس خارج کردن آنها، عاملی محدود کننده ای محسوب میشود و حذف یا کاهش آن برای استفاده از سبوس ضروری است. در پژوهش حاضر ابتدا سبوس خام در دو مش ۹۰ و ۱۲۰ میکرومتر، آسیاب گردید. هریک از نمونه ها تحت فرآوری حرارتی/ رطوبتی در درون اتوکلاو /آون به ترتیب با دمای ۱۲۱ و ۱۵۰ درجه به مدت ۹۰ و ۲۰ دقیقه قرار داده شدند. نمونه های فرآوری شده به مقادیر ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد با آرد پاستا مخلوط و خواص رئولوژیکی خمیر حاصله توسط آزمون میکسولب بررسی و نمونه با خواص مطلوب در تولید پاستای فرمی سبوس دار از نوع سدانو انتخاب شد. در این پژوهش اندازه گیری فیبر نا محلول در شوینده ی اسیدی بر اساس روش ون سوست، و اندازه گیری اسید فیتیک با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا انجام شده است. نتایج آزمونها نشان داد که غنی کردن پاستای فرمی سدانو با سبوس فرآوری شده به روش اتوکلاو آون در مقادیر ۵ و ۷/۵ درصد باعث بهبود پارامترهای رئولوژیکی خمیر شده است. در نهایت، نمونه پاستای حاوی سبوس فرآوری شده به روش تلفیقی اتوکلاو /آون با مش ۹۰ و میزان ۵٪ با کمترین میزان افت پخت ، مناسب ترین خواص رئولوژیکی و ویژگی های حسی مشابه با پاستای شاهد به عنوان بهترین تیمار این پژوهش معرفی گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

۱-مقدمه

رعایت تنوع و تعامل در انتخاب مواد غذایی مناسب و به دنبال آن داشتن یک رژیم غذایی مطلوب می شود، می تواند پایانی بر دغدغه ی مهم سوء تغذیه و بیماری های مرتبط با آن باشد. [۱]. تحقیقات کشوری در زمینه رژیم و الگوی غذایی خانوار و همچنین شیوع روز افزون بیماری های قلبی عروقی بخصوص بیماری عروق کرونر قلب، چاقی، اضافه وزن و دیابت که تا حد بسیار زیادی به مصرف تمامی ریز مغذی ها وابسته می باشند، موید این مسئله است که تناسبی از نظر کمیت و کیفیت این مواد در رژیم غذایی وجود ندارد. فیبرهای رژیمی که به دو دسته ی محلول و نامحلول دسته بندی شده و در دنیای امروز به عنوان کربوهیدارت های فراسودمند شناخته می شوند، پلی ساکارید های غیر قابل هضمی هستند که بدن انسان به دلیل عدم داشتن آنزیم تجزیه کننده ی آن ها، توانایی استفاده از گلوکز موجود در آنها را ندارد. مصرف آنها اثرات فیزیولوژیک سودمندی از قبیل تنظیم و کنترل قند و چربی خون، کاهش قابل توجه بیماری های قلبی عروقی، پیشگیری و کنترل فشار خون بالا، دیابت، چاقی و یبوست دارد [۲]. فیبر های نامحلول در روده ی کوچک انسان قابل هضم نبوده اما توسط باکتری ها در روده ی بزرگ تخمیر می شوند. دانه های غلات و بخصوص سبوس آنها، مهمترین و بیشترین منابع شناخته شده برای فیبرهای رژیمی هستند. سبوس گندم که حدود ۱۲ تا ۱۷ درصد دانه ی گندم را تشکیل داده و قسمت اعظمی از ویتامین ها، مواد معدنی، آنتی اکسیدانی و فیبرهای رژیمی در آن موجود است، در طی فرآیند آسیابانی گندم که با هدف خارج کردن آرد سفید یعنی اندوسپرم نشاسته ای انجام می شود، از گندم جدا شده و به عنوان محصول جانبی در نظر گرفته می شود. اما با این وجود تنها ۱۰ درصد سبوس تولیدی، به عنوان منبع فیبر رژیمی در نظر گرفته شده و مابقی به عنوان غذای دام به کار می رود. بالا بودن میزان دور ریز سبوس از یک سو و حضور مقادیر بالای ترکیبات فنولیک، نشاسته، فیبر های رژیمی محلول و نامحلول و پروتئین در آن از سوی دیگر، نشانگر اهمیت بسزای مصرف سبوس به عنوان یک ترکیب فراسودمند می باشد. همچنین مدیریت مصرف این ماده نیز که منجر به جلوگیری از ازدیاد ضایعات آن می شود، باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. اما به رغم حضور انواع مختلف ریز مغذی ها در سبوس گندم، حضور ترکیبی آلی با نام اسید فیتیک که توانایی بالایی درکمپلکس شدن با عناصر ریز مغذی مثل آهن و از دسترس خارج کردن آنها در بدن دارد، امری نامطلوب می باشد. اسید فیتیک که یک ترکیب فسفره است، عمدتا به شکل نمک پتاسیم- منیزیم در پوشش خارجی غلات قرار گرفته و دارای خاصیت قوی چلات کنندگی بوده و همچنین می تواند مانع چندین فرآیند متابولیکی اساسی شود. Makower، در سال ۱۹۷۰ ضمن معرفی کاربردهای جدید طراحی شده برای اسید فیتیک و خاطر نشان کردن اهمیت دانستن میزان غلظت این ماده در محصولات غذایی، اعلام کرد که اندازه گیری این ماده هنوز هم به شکل یک چالش آزمایشگاهی است. همچنین ذکر این نکته نیز ضروری است که بر اساس روش های مختلف اندازه گیری این ماده، در مقادیر اندازه گیری شده برای این ماده نیز تنوع بسیاری به چشم می خورد [۳]. فرآورده های غذایی فراسودمند، محصولات غذایی هستند که علاوه بر خواص تغذیه ای پایه، خاصیت سلامتی بخش نیز داشته باشند. طبق تعریفی که اتحادیه ی اروپا در تعریف علم مواد غذایی فراسودمند[1] می گوید: مواد غذایی فراسودمند ضمن داشتن اثراتی سودمند بر یک یا چند عملکرد بدن انسان، باید مطابق با رژیم غذایی متداول و روزانه و نباید به صورت قرص یا کپسول باشد. این مطلب بیانگر این است که نه تنها غذاهای اصلاح شده یا ترکیبات غذایی مفیدی که در محتوایشان علاوه بر خواص تغذیه ای معمول مزایای سلامتی بخشی نیز دارند، در دسته ی مواد غذایی فراسودمند قرار داشته، بلکه محصولاتی که به صورت بالقوه خواص مفید و کمک کننده داشته باشند را نیز می توان در دسته ی مواد غذایی فراسودمند قرار داد. بنابراین ماده ی غذایی فراسودمند می تواند یک ماده ی غذایی طبیعی باشد یا اینکه ماده ای باشد که ترکیب سلامتی بخش به آن اضافه شده و ترکیبات مضر آن حذف شده است. در این میان، مواد غذایی که یک یا چند ترکیب آن اصلاح شده است نیز فراسودمند محسوب می شود. به طور کلی فرآورده های غذایی فراسودمند به واسطه ی حضور ترکیبات غذا دارو (Nutraceuticals) و همچنین ترکیبات زیست فعال (Bioactive Compound) مانند پروتئین ها و پپتیدهای زیست فعال، ترکیبات آنتی اکسیدانی، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین ها، لیپیدهای زیست فعال و اسیدهای چرب ضروری، ویتامین ها، مواد معدنی، فیتواسترول ها، فیبرهای

1. Functional Food Science in Europe

رژیمی، پری بیوتیک ها و پروبیوتیک ها، دارای اثرات سلامتی بخش هستند[٤]. پاستا یا فرآورده های ماکارونی بستری مناسب برای افزودن سبوس گندم به عنوان منبعی غنی از فیبرهای رژیمی است. پاستا یا فرآورده های ماکارونی، فرآورده هایی متشکل از سمولینای آسیاب شده ی گندم سخت دوروم مانند ماکارونی، ورمیشل (رشته ی سوپی)، نودل ها، لازانیا ، راویولی و ... هستند[٥]. فرآورده های ماکارونی بدون تخم مرغ فاقد کلسترول بوده و چربی های اشباع شده ی کمی نیز دارند. بالغ بر ٦۳ درصد چربی موجود در فرآورده های ماکارونی خشک بدون تخم مرغ، از اسید لینولئیک تشکیل شده است. همچنین در سال های اخیر فرآورده های ماکارونی به عنوان منبعی مناسب برای دریافت کربوهیدرات های پیچیده خصوصا برای ورزشکاران معرفی شده اند[٦]. در سالهای اخیر استفاده از افزودنی ها به منظور افزایش کیفیت و خواص تغذیه ای پاستا مورد توجه فراوان قرار گرفته و تاکنون ترکیبات مختلفی نظیر گلوتن فعال، مونوگلیسیرید ها، پودر آب پنیر، سبوس گندم، انواع ویتامین و مواد معدنی مورد آزمایش قرار گرفته و حتی برخی از آنها در حال حاضر نیز در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند.

با اینکه فرآورده های غذایی فراسودمند در دامنه ی وسیعی از گروه های غذایی توسعه یافته اند، اما در میان انواع مواد غذایی مختلف، فرآورده های لبنی، غلات، نوشیدنی های غیر الکلی و غذای کودک سهم چشمگیری را به خود اختصاص داده اند. در آخر با عنایت به اینکه سبوس گندم در کشور ما فراوان یافت می شود، اما تا به حال به دلیل عدم اطلاع از فواید بی شمار سبوس گندم و لزوم فرآیند کردن آن، از این محصول اغلب به منظور غذای دام استفاده شده است، این پژوهش با هدف فرآوری سبوس گندم به منظور کاهش اسید فیتیک و غنی کردن پاستای فرمی با فرم سدانو به عنوان بستری مناسب برای غنی سازی انجام شده است. با توجه به ایکه دمای خشک کردن پاستا ۷۲ درجه بوده[۷] و این دما برای کاهش میزان اسید فیتیک سبوس گندم تا حدی که پس از افزودن به فرمولاسیون پاستا از میزان مناسبی برای مصرف برخوردار باشد کافی نیست، لذا لزوم فرآیند کردن سبوس گندم و کاهش اسیدفیتیک آن قبل از افزودن به فرمولاسیون پاستا بسیار ضروری است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

سبوس گندم خام (گندم سخت) و آرد پاستا از شرکت صنعتی آرد زر کرج تهیه شده و سبوس فرآوری شده ی تجاری به روش تخمیر نیز به عنوان تیمار شاهد از سوپر مارکت های سطح شهر تهیه شد. آنالیز اولیه ی مواد خام در جدول های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. رطوبت و پروتئین مواد خام با استفاده از دستگاه آنالیز گر سریع (آزمون NIT)، خاکستر برمبنای ماده ی خشک بر اساس استاندارد ملی شماره ۲۷۰٦، چربی بر اساس روش سوکسله (AACC 30-25)، Mesh یا دانه بندی بر اساس استاندارد های ملی ۱۰۳ (آرد) و ۱۷۰۲۵ (سبوس)، pH بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۳۷، فیبر نامحلول در شوینده ی اسیدی (ADF) بر اساس روش Van Soest، اسید فیتیک بر اساس روش DOST (کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا) اندازه گیری شدند.

Table 1 Characteristics of Pasta Flour

Test						
Moisture %	Content					
	13.11± 0.06					
Ash %	0.76± 0.09					
Protein %	11.19±0.11					
Fat %	2.1± 0.52					
Mesh%	Under 125 µ	125 µ	150 µ	180 µ	325 µ	475 µ
	53.62	14.01	11.59	19.69	0.22	0.07
Acid Detergent Fiber % (ADF)	1.53± 0.07					
Phytic Acid $(mg/100g)$	1085.53±14.6					
pH	5.3±0.5					

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

Table 2 Characteristics of (Coarse Bran)

Test						
Moisture %	Content					
Ash %	4.2± 0.2					
Protein %	15.19± 0.08					
Fat %	4.43± 0.1					
Mesh%	Under 125 µ	125 µ	150 µ	180 µ	325 µ	475 µ
	1.06	0.84	0.42	5.63	31.44	60.61
Acid Detergent Fiber % (ADF)	26.62±0.2					
Phytic Acid $(mg/100g)$	5361.69±25.4					
pH	5.92±0.03					

Table 3 Characteristics of Control Fermented Wheat Bran

Test						
Moisture %	4.8 ±0.3					
Ash %	3.3 ±0.1					
Protein %	19.9±0.9					
Fat %	4.2 ±0.2					
Mesh%	Under 125 µ	125 µ	150 µ	180 µ	325 µ	475 µ
	4.04	11.91	7.85	67.33	8.65	0.22
Acid Detergent Fiber % (ADF)	28.7±0.1					
Phytic Acid $(mg/100g)$	2854.58 ±0.25					
pH	5.04 ±0.09					

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- مراحل تهیه ی تیمارهای سبوس فرآوری شده

به منظور تهیه ی ۲ مش ۹۰ و۱۲۰ میکرومتر ، سبوس خام درشت (Coarse Bran) با استفاده از آسیاب چکشی آزمایشگاهی Perten مدل ۳۱۰۰ ساخت کشور آمریکا آسیاب شد. پس از آسیاب کردن، با استفاده از دستگاه الک لرزاننده (الک شیکر) هر کدام از مش ها جدا شده و در بسته بندی های جداگانه (پلی اتیلنی زیپ دار) بسته بندی گردید. (لازم به ذکر است که سبوس شاهد تخمیری نیز در همین دو مش تحت آسیاب قرار گرفت). از هر کدام از نمونه های آسیاب شده سبوس، به مقدار ۵۰ گرم به دفعات مختلف درون کیسه های اتوکلاو ریخته شده و به مدت ۹۰دقیقه درون اتوکلاو با فشار بخار ۱/۲ bar و دمای ۱۲۱ درجه حرارت قرار داده شد. در مرحله بعد نمونه های سبوس تا دمای اتاق سرد و سپس روی توری الک با مش مناسب به ضخامت ۲ میلی متر پهن شدند. همچنین به منظور جلوگیری از انتقال جرم و پخش شدن، روی نمونه ها با یک لایه از همان توری الک پوشانیده شد. توری الک های حاوی سبوس در هر دو مش به مدت ۲۰دقیقه درون آون با دمای ۱۵۰درجه قرار داده شدند. در خاتمه نمونه های سبوس فرآوری شده به مدت ۳۰ دقیقه تا رسیدن به دمای اتاق، سرد شده و در بسته بندی های پلی اتیلنی زیپ دار در یخچال نگهداری شدند [۷]. آنالیز مشخصات سبوس های تهیه شده در جدول شماره ۵ آورده شده است.

۲-۲-۲- اندازه گیری سریع رطوبت و پروتئین

این آزمون با استفاده از دستگاه Near Infrared Transmittance (NIT) یا آنالیز گر سریع انجام شد. در ابتدا برای انجام آزمون اندازه گیری پروتئین مواد خام، محفظه ی جاگذاری نمونه با مقدار ۵ گرم از نمونه ی آرد، سبوس خام درشت آسیاب نشده (Coarse Bran) و سبوس شاهد تخمیری درشت آسیاب نشده پرشد. سپس محفظه ی نمونه درون خشاب مخصوص دستگاه قرار داده شده و به درون دستگاه منتقل شد. پس از گذشت حدود ۱ دقیقه، میزان رطوبت، خاکستر و پروتئین

نمونه روی صفحه ی دستگاه به نمایش در آمد. همچنین طبق مراحل توصیف شده، رطوبت نمونه های مختلط آرد و سبوس نیز به منظور استفاده در آزمون میکسولب، پس از اختلاط کامل آرد با سبوس های فرآوری شده در مقادیر (۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) اندازه گیری شدند.

۲-۲-۳-آزمون بررسی خواص رئولوژیکی خمیر (میکسولب)

پاستایی که دارای کیفیت حسی و فیزیکی مطلوب است، با استحکام و انعطاف پذیری مناسب آن در حالت خمیر، مقاومت کششی مناسب آن در حالت خشک و حداقل افت پخت و چسبندگی آن پس از پخت شناخته می شود. بنابراین بررسی و اندازه گیری پارامترهای رئولوژیکی پاستا در هر یک از مراحل خمیر، خشک و پخته شده بسیار ضروری است. میکسولب، دستگاهی است که توسط شرکت CHOPIN فرانسه طراحی شده و می تواند به شکل همزمان و در طی فرآیند اختلاط خمیر در دمای ثابت و همچنین بازه ی زمانی گرم شدن و سرد شدن مداوم، ویژگی پروتئین و مواد نشاسته ای، خواص رئولوژیکی خمیر و همه ی فاکتورهای مرتبط با ویژگی های آرد را در یک آزمون و با کمتر از ۵۰ گرم نمونه و تنها با وارد کردن ۳ ویژگی رطوبت، جذب آب و مبنای هیدراسیون، ، تعیین کند. مخلوط آرد با تیمار های سبوس در هر دو مش به میزان ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد و همچنین آرد مختلط با سبوس شاهد تخمیری در همین مش و همین اندازه ها، در دستگاه میکسولب مطابق روش زیر مورد آزمون قرار داده شده و خصوصیات رئولوژیکی خمیر حاصل بررسی شد. لازم به ذکر است ویژگی های رئولوژیکی آرد پاستا (پاستای ساده) نیز به عنوان خمیر شاهد مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ذکر این نکته نیز ضروری است که اختلاط سبوس در درصد های ۲,۵، ۵ و ۷,۵ درصد بر مبنای ۱۰۰ گرم آرد بوده و هر کدام ار درصدها از میزان ۱۰۰ گرم آرد کم شده و یا در واقع با آرد جایگزین شده اند.

۲-۲-۳-۱-روش انجام آزمون میکسولب

در این پژوهش از پروتکل +Chopin با استناد به تحقیقات Filipovic استفاده شد [۸]. سه ویژگی رطوبت، جذب آب و مبنای هیدراسیون برای هر نمونه وارد شده و سپس آزمون START شد. پایین ترین حد جذب آب در تنظیمات میکسولب ۵۲ بوده که در این پژوهش نیز میزان جذب آب آرد پاستا همین مقدار یعنی در پایین ترین حد بوده است. اما به دلیل اینکه سبوس گندم به خصوص سبوس های فرآوری شده از فیبر های نامحلول سرشار بوده و فیبر های نامحلول ظرفیت بالایی برای جذب آب دارند[۹] ، میزان جذب آب در نمونه های آرد مختلط با سبوس، بین ۵۲-۶۰٪ و مبنای هیدراسیون ۱٤ ٪ تنظیم شد[۱۲].

۲-۲-٤-مراحل فرآیند تولید پاستای سبوس دار

براساس نتایج آزمون میکسولب (بخصوص درجه ی نرم شدن گلوتن) نمونه های منتخب به قرار زیر در تولید تیمارهای پاستا بکارگرفته شد:

Control تیمار آرد پاستا بدون سبوس یا پاستای ساده (تیمار شاهد)

T1 آرد پاستا / سبوس شاهد تخمیری در مش ۹۰ میکرومتر/ ۵ درصد (تیمار شاهد)

T2 آرد پاستا / سبوس اتوکلاو آون شده در مش ۹۰ میکرومتر/ ۵ درصد

T3 آرد پاستا / سبوس اتوکلاو آون شده در مش ۱۲۰ میکرومتر/ ۷/۵ درصد

T4 آرد پاستا / سبوس شاهد تخمیری در مش ۱۲۰ میکرومتر/ ۷/۵ درصد (تیمار شاهد)

آرد و نمونه های سبوس بر طبق فرمولاسیون ذکر شده به داخل همزن دستگاه پایلوت منتقل و به مدت ۳ دقیقه پیش مخلوط شدند. سپس آب به میزان مناسب و با دمای حدود ۳۰ درجه به آرامی به مخلوط اضافه و تا بدست آمدن خمیری همگن و بدون چسبندگی مخلوط شدند. پس از این مرحله، خمیر در دمای ٤۵ درجه ی سانتی گراد بوسیله قالب برنزی پاستای فرمی سدانو و در فشار ۱۲۰ میلی متر جیوه اکسترود و سپس نمونه های پاستا بر روی سینی های چوبی با توری سیمی ریخته شدند. در مرحله ی بعد نمونه های پاستا در داخل خشک کن اتوماتیک خشک گردیدند. فرآیند خشک کردن در دمای ۷۲ درجه، مدت ۱۲ ساعت و در ٦ سیکل انجام شد. در حین فرآیند خشک کردن نیز، ۲ الی ۳ سینی حاوی ضایعات پاستا، به منظور تولید رطوبت کافی در داخل خشک کن بر روی سینی های حاوی پاستا قرار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

داده شد. در انتهای فرآیند خشک کردن و رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد، نمونه های خشک شده در کیسه های پلی اتیلنی زیپ دار بسته بندی شدند.

۲-۲-۵-روشهای آزمون نمونه های پاستا

نمونه های پاستا ابتدا آسیاب گردیده و سپس تحت آزمونهای زیر قرار داده شدند:

۲-۲-۵-۱- آزمون اندازه گیری اسید فیتیک

اندازه گیری اسید فیتیک در محصولات غذایی کامل (محصولاتی که با غله ی کامل تهیه می شوند) امری مهم و ضروری است. روش های بسیاری برای اندازه گیری میزان اسید فیتیک غلات و محصولات آن، فرمولاسیون های غذای کودک، عصاره های گیاهی، خشکبار و نمونه های بیولوژیکی، در دسترس است. اما در این پژوهش از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا یا HPLC (High Performance Liquid Chromatography) بر اساس روش DOST ([۱۰] و [۱۱]) استفاده شده است. از ویژگی های این روش می توان به مناسب بودن آن برای جداسازی و اندازه گیری عناصر با غلظت های کم در محصولات مختلف اشاره کرد. این ویژگی روش HPLC، ویژگی مناسبی است که باعث می شود برای اندازه گیری اسید فیتیک نیز مناسب باشد. اسید فیتیک در محدوده ی UV یا نور مرئی، طیف جذبی نداشته و بنابراین شناسایی این ماده بوسیله ی طیف سنجی، بر اساس واکنش استوکیومتری جانشینی فلز از کمپلکس رنگی، تشکیل کمپلکس بی رنگ فیتات – آهن و رسوب یون های +Fe3 می باشد. در این واکنش جانشینی، فلز از طریق تهیه ی کمپلکس رنگی آهن تیوسیانات، فراهم شده و پس از اختلاط با اسید فیتیک موجود در نمونه ها، آهن از کمپلکس رنگی جدا شده و با پیوند با اسید فیتیک، کمپلکس بی رنگ فیتات – آهن که اساس کار آزمون HPLC بوده، تشکیل می شود. در اصل نموداری (Peak) که توسط دستگاه کشیده می شود، نمودار یا پیک آهن تیوسیانات است. به منظور رسم منحنی کالیبراسیون اسید فیتیک (نمودار ۱)، Phytic Acid Sodium Salt Hydrate از کمپانی سیگما (کد P8810) به عنوان ماده ی استاندارد تهیه شد [۱۰] و [۱۱].

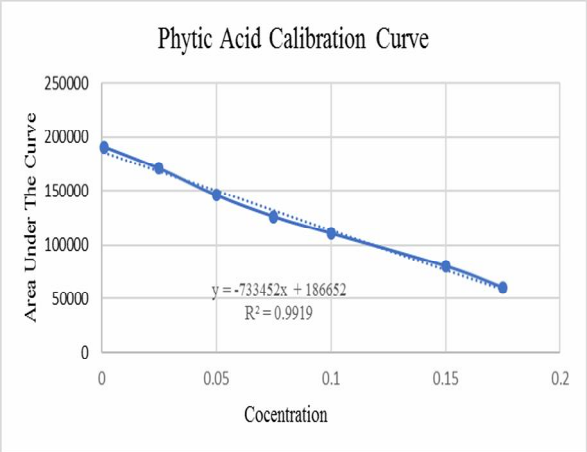

Fig 1 Phytic Acid Calibration Curve

نکته ی قابل توجه در ارتباط با آزمون HPLC این است که روش استخراج و تزریق نمونه های سبوس و آرد بر مبنای روش ذکر شده در مقاله ی DOST و Tokul [۱۰] بوده اما در ارتباط با نمونه های پاستا برای استخراج و روش تزریق از روش ذکر شده در مقاله ی DOST و Karaca [۱۱] استفاده شده است.

۲-۲-۵-۲- آزمون اندازه گیری فیبر نامحلول در شوینده ی اسیدی یا ADF (Acid Detergent Fiber)

این آزمون به منظور اندازه گیری ترکیبات فیبری سلولز و لیگنین به کار می رود. در این آزمون از ستیل تری متیل آمونیوم بروماید ($C_{19}H_{42}BrN$) به همراه محلول اسید فسفریک (H_2So_4) و برای شستشو نیز از استن استفاده شده است. این آزمون بر اساس روش Van Soest انجام شده است [۱۲].

آزمون رنگ سنجی: این آزمون با دستگاه هانترلب مدل کالرفلکس و بر اساس روش (۰۱-۲۲-۱٤ AACC) انجام شده است انجام شده است. این آزمون برای سبوس های فرآیند شده، سبوس شاهد و نمونه های پاستا مشترک بوده است. با این تفاوت نمونه های پاستا قبل از انجام آرمون ابتدا آسیاب شدند. همچنین ویژگی Yellowness نمونه ها نیز(پاستا و سبوس ها) از طریق تبدیل فاکتورهای هانترلب (a،L و b) از طریق روابط زیر محاسبه شد. ذکر این نکته نیز ضروری است که آزمون رنگ سنجی و تعیین Yellowness در شرایط D65 یعنی روشنایی نور روز و زاویه ی ۲ درجه دید فرد انجام دهنده ی آزمون، انجام شده است [۱۳].

$$Yellowness = \frac{100\,(C_xX - C_zZ)}{Y}$$

C_x= 1.2985
C_z= 1.1335

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

۲-۲-۵-۳-آزمون وزن بعد از پخت (عدد پخت): برای این آزمون به ۲۰ گرم نمونه ی پاستا نیاز بوده و بر طبق بند ۱۰-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳، انجام شده است. [۱٤].

۲-۲-۵-٤-آزمون مواد جامد در آب پخت (لعاب): این آزمون نیز بر اساس بند ۱۰-٦ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳ اندازه گیری شده است. [۱٤].

۲-۲-۵-۵- آزمون خاکستر بر مبنای ماده ی خشک: اندازه گیری خاکستر بر مبنای ماده ی خشک بر طبق استاندارد ملی شماره ۲۷۰٦ انجام شد. با توجه به روش ذکر شده در استاندارد ۲۷۰٦ ، نمونه تا احتراق کامل مواد آلی در کوره با دمای مورد نظر که با توجه به نوع محصول تعیین می شود سوزانده شده و سپس باقی مانده توزین خواهد شد[۱۵].

۲-۲-۵-٦-آزمون رطوبت

این آزمون بر اساس استاندارد ملی ایران شماره **۲۷۰۵** انجام شده است. این استاندارد برای اندازه گیری رطوبت غلات و فرآورده های آن طراحی شده است[۱٦].

۲-۲-۵-۷-آزمون بافت

گام بعدی در تست محصول تولید شده، سنجش ویژگی های بافتی آن است. فرآورده های ماکارونی باید در حالت پخته بافتی مناسب و قابل قبول داشته تا بتواند معیارهای مصرف کنندگان اعم از نرم بودن سطح، به اندازه سفت بودن و بافت مناسب را فراهم کند. برای انجام آزمون بافت، از آزمون برش یا Shear Test از نوع کرامر که برای محصولات دانه ای مانند نخود فرنگی، ذرت، حبوبات پخته و ماکارونی های فرمی مناسب است، استفاده شده و بر اساس استاندارد بین المللی AACCI 66-50-01 (با مقداری اصلاحات) انجام شده است. در این آزمون به علت دانه ای بودن محصولات، Probe یا فکی که به دستگاه متصل می شود، می بایست بیش از یک تیغه داشته و تیغه ها نیز به میزان کمی لق باشند. در این پژوهش نیز از فک ۵ تیغه ای با کدHDP/KS5، با جنس Stainless Steel و ضخامت ۳ میلی متراستفاده شده است. این آزمون ترکیبی از ۳ واکنش Extrusion،Compression و Shear است. این آزمون با ۲۵ گرم نمونه ی پخته ی پاستا که به مدت ۲۰ دقیقه (Overcooked) پخته شده انجام شده است. کد Probe مورد نظر که باید در نرم افزار دستگاه وارد کرد می باشد. همچنین باید متذکر شد که این آزمون از نوع RETURN TO START بوده و دیگر مشخصات آزمون نیز در جدول شماره ٤ آورده شده است [۱۷].

Table 4 Kramer Test

Pre-Test Speed	10 mm/sec
Test Speed	10 mm/sec
Post-Test Speed	10 mm/sec
Distance	35 mm
Load Cell	50 Kg

۲-۲-۵-۸-آزمون ارزیابی ویژگی های حسی

ارزیابی حسی توسط گروه ۱۵ نفره ی ارزیاب ها و بر اساس روش هدونیک انجام شده است. در این ارزیابی حسی پارامترهای رنگ، طعم، بو، سفتی (بافت) و پذیرش کلی محصول با استفاده از امتیازدهی (امتیازها از عدد ۱تا۵) انجام پذیرفته است. نمونه ها به همراه نمونه ی شاهد (ماکارونی بدون سبوس) در ظروف مجزا ریخته شده و شماره گذاری شدند. ظروف به همراه پرسش نامه در اختیار ارزیاب ها قرار گرفته و از آنها خواسته شد تا به طور جداگانه و بدون اطلاع از نظر یکدیگر نمونه ها را تست کنند. جهت جلوگیری از تداخل طعم ها نیز از ارزیاب ها خواسته شد تا قبل از تست هر کدام از نمونه ها، مقداری آب ولرم بنوشند. همچنین شایان ذکر است که ارزیاب ها از میزان و نوع سبوس استفاده شده در نمونه های پاستا بی اطلاع بودند.

۲-۲-٦-تجزیه و تحلیل آماری

بررسی معناداری و عدم معناداری داده ها در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار، آنالیز آماری نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS 26 و همچنین مقایسه میانگین نتایج نیز با استفاده از واریانس یکطرفه ANOVA در سطح ($p\leq0.05$) انجام شده است. در ادامه ابتدا نتایج رئولوژی خمیر (آزمون میکسولب) و سپس آزمون های انجام شده بر پاستا آمده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

Table 5 Characteristics of the Processed Wheat Bran

	AutoclaveOven120(µ)	AutoclaveOven90(µ)	Fermented Wheat Bran 120(µ)	Fermented Wheat Bran 90(µ)
Phytic Acid $(mg/100g)$	1622.07	1352.85	2460.61	2040.83
Phytic Acid Decrease %	72.81	74.76	61.93	54.1
Acid Detergent (ADF) % Fiber	22.09	22.33	25.49	20.50
L-Value	67.18	67.54	53.60	60.21
a-Value	8.62	8.33	3.60	1.54
b-Value	29.57	29.75	25.55	23.58
Yellowness	89.30	89.931	92.57	73.95

۳- نتایج و بحث

Table 6 Mixolab Parameters

	C1	C2	C3	C4	C5
Flour	1.14 ±0.005^{a}	0.43 ±0.006^{a}	2.04 ±0.011^{a}	1.65 ±0.032^{a}	3.19 ±0.01^{a}
AutoclaveOven90(µ) (2/5%)	1.04 ±0.004^{c}	0.46 ±0.006^{d}	2.11 ±0.005^{dc}	1.90 ±0.008^{d}	3.88 ±0.022^{b}
AutoclaveOven90(µ) (5%)	1.06 ±0.005^{bc}	0.47 ±0.006^{dc}	2.01 ±0.006^{b}	2.12 ±0.021^{i}	3.55 ±0.008^{c}
AutoclaveOven90(µ) (7/5%)	1.14 ±0.004^{a}	0.5 ±0.005^{b}	2.22 ±0.009^{f}	2.34 ±0.036^{j}	2.84 ±0.021^{de}
AutoclaveOven120(µ) (2/5%)	1.05±0.02^{bc}	0.45 ±0.007^{d}	2.08 ±0.014^{c}	1.64 ±0.007^{a}	2.97 ±0.01^{ae}
AutoclaveOven120(µ) (5%)	1.08±0.01^{bc}	0.45 ±0.002^{d}	2.19 ±0.008^{e}	2.01 ±0.005^{g}	2.94 ±0.012^{ae}
AutoclaveOven120(µ) (7/5%)	1.10 ±0.003^{b}	0.47 ±0.013^{dc}	2.40 ±0.007^{g}	2.35 ±0.009^{j}	2.4 ±0.6^{df}
Fermented Control 90(µ) (2/5%)	1.12 ±0.006^{ab}	0.49 ±0.007^{bc}	2.12 ±0.008^{dc}	2.07 ±0.007^{h}	2.96 ±0.006^{ae}
Fermented Control 90(µ) (5%)	1.12 ±0.008^{ab}	0.48 ±0.007^{c}	2.11 ±0.012^{dc}	1.87 ±0.008^{de}	2.14 ±0.005^{e}
Fermented Control 90(µ) (7/5%)	1.07 ±0.008^{bc}	0.43 ±0.005^{a}	2.04 ±0.008^{a}	1.73 ±0.015^{b}	2.52 ±0.007^{df}
Fermented Control 120(µ) (2/5%)	1.13 ±0.006^{a}	0.48 ±0.009^{c}	2.09 ±0.016^{d}	1.93 ±0.04d^{f}	2.94 ±0.048^{ae}
Fermented Control 120(µ) (2/5%)	1.08 ±0.008^{bc}	0.46 ±0.005^{dc}	2.08 ±0.009^{dc}	1.83 ±0.007^{c}	2.90 ±0.011^{e}
Fermented Control 120(µ) (7/5%)	1.04 ±0.007^{c}	0.45 ±0.008^{d}	2.07 ±0.007^{c}	1.74 ±0.006^{b}	2.62 ±0.006^{d}

Data followed by the same letter in a column are not significantly (P≤ 0.05) different.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

Table 7 Mixolab Parameters

	Dough Development Time	Stability	Water Absorption	Amylase Index
Flour	2.67±0.075[a]	3.13±0.098[a]	52.07±0.68[a]	4
AutoclaveOven90(µ) (2/5%)	1.62±0.03[c]	4.06±0.036[b]	53.73±0.152[b]	6
AutoclaveOven90(µ) (5%)	0.96±0.052[d]	4.52±0.1[cde]	55.26±0.305[d]	9
AutoclaveOven90(µ) (7/5%)	0.88±0.032[d]	5.12±0.09[ij]	56.43±0.305[f]	8
AutoclaveOven120(µ) (2/5%)	1.9±0.06[b]	4.55±0.07[de]	53.86±0.305[b]	4
AutoclaveOven120(µ) (5%)	1.87±0.026[b]	4.55±0.07[de]	54.96±0.305[cd]	8
AutoclaveOven120(µ) (7/5%)	0.57±0.045[g]	4.64±0.07[efg]	56.86±0.404[f]	8
Fermented Control 90(µ) (2/5%)	0.73±0.047[f]	4.45±0.07[cd]	53.90±0.556[b]	8
Fermented Control 90(µ) (5%)	0.55±0.025[gh]	4.71±0.04[fgh]	55.66±0.404[de]	7
Fermented Control 90(µ) (7/5%)	0.55±0.026[gh]	4.79±0.08[h]	59.5±0.264[g]	8
Fermented Control 120(µ) (2/5%)	1.92±0.035[b]	4.42±0.04[c]	55.56±0.321[de]	8
Fermented Control 120(µ) (5%)	0.73±0.075[f]	5.01±0.08[i]	56.83±0.208[f]	8
Fermented Control 120(µ) (7/5%)	0.52±0.045[gh]	5/.3±0.05[j]	59.63±0.378[g]	8

Data followed by the same letter in a column are not significantly (P≤ 0.05) different.

۳-۱- C_1 یا قوام خمیر

در نتایج آزمون میکسولب از پارامتر C۱ با عنوان میزان قوام خمیر یاد می شود. ذکر این نکته در مورد این پارامتر ضروری است که طبق برنامه ی پیش فرض تعریف شده در این دستگاه، میزان C۱ می بایست در حد استاندارد تعریف شده یعنی (۱,۰۵- ۱,۱۵) Nm قرار گیرد. عوامل و پارامترهای مختلفی نظیر ویژگی و میزان پروتئین، اندازه ذرات آرد و توزیع یکنواخت آن و همچنین میزان سبوس بر جذب آب آرد موثر بوده و به دنبال آن میزان جذب آب نیز بر میزان قوام خمیر موثر خواهد بود. هرچه اندازه ی ذرات آرد ریز تر، میزان جذب آب نیز بیشتر خواهد بود. اما اگر اندازه ذرات آرد تقریبا یکسان باشد، هرچه مقدار پروتئین بالاتر رود، میزان جذب آب نیز بالاتر می رود [٦] و [۱۸]. در واقع پس از اختلاط آرد با سبوس های فرآوری شده، در میزان و رفتار گرانول های نشاسته، توزیع ذرات و همچنین میزان جذب آب ذرات مختلف، تفاوت ایجاد شده و همین تفاوت منجر به تفاوت در میزان قوام خمیر نیز می گردد. همانطور که مشاهده می شود. کاهش ایجاد شده در میزان قوام خمیر نیز همانطور که در جدول ٦ آمده است، به علت ایجاد تفاوت در میزان گلوتن و پروتئین تیمارها و همچنین تفاوت در جذب آب آرد می باشد.

۳-۲- C_2 یا ضعیف شدگی شبکه گلوتن

همانطور که ذکر شد، سبوس گندم منبعی غنی از فیبرهای نامحلول است. مجذوبی و همکارانش در سال ۲۰۱۲ در بررسی خود عنوان کرده اند که فیبرهای نامحلول توانایی بالایی برای

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

درون خود نگه داشتن آب و رقابت با گلوتن و نشاسته بر سر جذب آب، دارند[۱۹]. اولین عامل تاثیر گذار بر میزان نرم شدگی گلوتن، میزان گلوتن موجود در تیمارها می باشد. از بین تیمار ها، اتوکلاو آون ۹۰ (در اندازه های ۲/۵ و ۵ درصد)، از میزان گلوتن کمتری نسبت به تیمار آرد پاستا و بقیه ی تیمارها از میزان بیشتر گلوتن نسبت به آرد برخوردارند. اما با وجود کمتر بودن میزان گلوتن بعضی تیمارها، همانطور که در جدول شماره ٦ آمده است، مقدار C۲ از تیمارهای شاهد بالاتر می باشد. C۲ نشان دهنده ی میزان گشتاور لازم برای در هم شکستن شبکه ی پروتئینی خمیر در اثر اعمال نیروی مکانیکی و حرارتی می باشد. سبوس با ساختار رشته ای خود در شبکه ی گلوتنی مداخله کرده، یکنواختی این شبکه را برهم زده و همین مسئله منجر به تخریب شبکه ی گلوتنی خوهد شد. از این رو این شبکه ی گلوتنی ضغیف شده به گشتاور زیادی برای در هم شکستن شبکه ی پروتئینی نیاز نداشته و در نتیجه شبکه ی پروتئینی نرم تر شده و همانطور که در جدول ٦ آورده شده است، میزان C۲ بالاتر می رود [۲۰] و [۲۱]. نکته ی قابل توجه این است که با افزایش میزان سبوس و همچنین افزایش مش از ۹۰ به ۱۲۰، میزان نرم شدن گلوتن نیز رو به افزایش و این مسئله ناشی از افزایش میزان فیبرهای نامحلول در اثر افزودن سبوس و به دنبال آن افزایش جذب آب و در آخر تخریب بیشتر شبکه ی گلوتنی است. اما در مورد سبوس شاهد تخمیری این مسئله بر عکس بوده و مشاهده می شود که میزان نرم شدگی گلوتن با افزایش میزان و مش سبوس، کاهش می یابد. همانطور که مشاهده می شود، تیمار شاهد تخمیری با مش ۹۰ و درصد ۷/۵، با آرد پاستا اختلاف معنادار ندارد.

۳-۳- $C_۳$ یا ژلاتیناسیون نشاسته و میزان جذب آب

ذرات آسیاب شده ی ریز سبوس از لایه های داخلی سبوس حاصل شده و به همین دلیل به بافت اندوسپرمی نزدیک تر بوده و در نتیجه حاوی مواد نشاسته ای بیشتر و فیبر کمتر می باشند. لذا اولین علت برای افزایش میزان ژلاتیناسیون در تمامی تیمارها نسبت به آرد پاستا همین امر می باشد [۲۲]. شاخص C۳ معیاری است که به نوعی بیانگر ویسکوزیته ی ژل تشکیل شده بعد از مرحله ی ژلاتیناسیون نشاسته می باشد. مقدار آب در بسیاری از سیستم های غذایی میزان ژلاتیناسیون را محدود می کند. علیرغم اینکه T_G و I_G (دمای ژلاتیناسیون و میزان ژلاتیناسیون) دو فاکتور مهم برای فهم ژلاتیناسیون هستند، مطالعات بسیار کمی پارامتر مهم و تاثیر گذار بر این دو فاکتور یعنی نسبت نشاسته به آب را مورد بررسی قرار دادند. واضح است که در سیستم های نشاسته – گلوتن، هیدراسیون یا جذب آب نقش اصلی را ایفا کرده و همانطور که در مطالعات گذشته آمده است، مابین نشاسته و گلوتن بر سر جذب آب رقابت وجود دارد[۲۳]. با تمرکز بر حداکثر ژلاتیناسیون ، تاثیر لایه ی سد مانندی که توسط گلوتن بر سطح گرانول های نشاسته پدید می آید، کم و قابل چشم پوشی شده و هیدراتاسیون که تحت تاثیر میزان آب اضافه و در دسترس محیط می باشد، نقش اصلی را ایفا خواهد کرد. همانطور که گفته شد فیبر های رژیمی بخصوص فیبر های نامحلول، میزان جذب آب را به شکل قابل توجهی بالا می برند[۲٤]. به شکلی که همانطور که در جدول ۷ مشاهده می شود، بین تیمار شاهد آرد پاستا و مابقی تیمارها اختلاف معناداری در جذب آب وجود دارد. همین افزایش میزان جذب آب و میزان آب در دسترس، که باعث کامل هیدراته شدن گرانول های نشاسته می شود، منجر به افزایش میزان ژلاتیناسیون تمامی تیمارهای مختلط با سبوس شده است. تیمار اتوکلاو آون ۹۰ (۵ درصد) که میزان گلوتن آن برابر با تیمار شاهد آرد پاستا بوده دارای میزان ژلاتیناسیون نزدیک به آرد پاستا (کمی کمتر) است، اما تیمارهای با گلوتن بیشتر و یا کمتر، هر دو دارای میزان ژلاتیناسیون بالاتر از تیمار شاهد آرد پاستا هستند. در این باره نیز می توان گفت که با توجه به وجود میزان اضافی آب در محیط، در تیمارهای با گلوتن کمتر، نشاسته در رقابت کاملا پیروز و هیدراته شده، اما در تیمارهای با میزان بالاتر گلوتن، می توان گفت که با توجه به حداکثر ژلاتیناسیون، علم به وجود آب اضافی در محیط و همچنین حضور بیشتر مواد نشاسته ای، ژلاتیناسیونی بالاتر از میزان آرد پاستا اتفاق افتاده است [۲٤]. در ارتباط با جذب آب نیز باید گفت که با افزودن میزان سبوس های فرآوری شده، میزان فیبر های نامحلول نیز افزایش یافته و در نتیجه میزان جذب آب نیز به شکل معناداری افزایش یافته است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

۳-٤-C_4 یا میزان قوام ژل تشکیل شده و یا اندیس آلفا آمیلازی

آلفا آمیلاز شاخه های داخلی نشاسته را قطع نموده و در این حال ویسکوزیته و قوام خمیر به شدت کاهش پیدا می کند. از اینرو گشتاور انداگیری شده توسط میکسولب در این مرحله، ارتباط مستقیمی با میزان ویسکوزیته و فعالیت آمیلازی خمیر دارد [۲۳] و [۲۵]. فعالیت آنزیم ها در همه جای دانه یکسان نبوده و بعد از آسیاب کردن به طور نابرابر در قسمت های مختلف توزیع می گردند. این فعالیت با افزایش درجه ی استخراج و افزودن لایه ی آلرون، جوانه و پوسته یعنی سبوس، افزایش می یابد. با توجه به حضور ذرات سبوس انتظار می رود که فعالیت آنزیم آمیلازی افزایش یافته[٦] و به دنبال آن میزان قوام یا پایداری ژل تشکیل شده در این مرحله یا همان پارامتر C٤ نیز کاهش پیدا کند. در حالی که نتایج بدست آمده در این پژوهش، عکس این مطلب را می رساند. با توجه به اینکه فعالیت آمیلازی بیانگر توانایی مقاومت نشاسته در برابر هیدرولیز شدن توسط آنزیم آلفاآمیلاز می باشد، کاهش هرچه بیشتر این فعالیت به منزله ی کمتر هیدرولیز شدن نشاسته و پایداری بیشتر ژل داغ تشکیل شده در این مرحله می باشد. یعنی هرچقدر فعالیت آلفاآمیلازی کمتر باشد، C٤ یا قوام ژل تشکیل شده نیز افزایش میابد. دستگاه میکسولب قادر است میزان فعالیت این آنزیم را در قالب Amylase Index یا اندیس آمیلازی نیز ارائه دهد. هر چه میزان این اندیس بالاتر رود به منزله ی کاهش فعالیت آلفاآمیلازی و پایداری بیشتر ژل تشکیل شده است. همانطور که در جدول شماره ۷ مشاهده می شود، با افزودن سبوس های فرآوری شده به آرد پاستا شاهد افزایش Amylase Index یعنی در واقع کاهش فعالیت آلفا آمیلازی و به دنبال آن افزایش قوام یا C٤ تیمارها هستیم. به طور مثال تیمار اتوکلاو آون ۱۲۰ میکرومتر در میزان ۲/۵ درصد دارای اندیس فعالیت آلفا آمیلازی یکسان با تیمار شاهد آرد پاستا و به دنبال آن یکسان بودن میزان قوام ژل تشکیل شده با آرد پاستا است. اما نکته ی قابل توجه این است که در نمونه ی شاهد تخمیری، با افزایش میزان افزودن و مش سبوس ، میزان قوام خمیر کاهش یافته اما در تیمار اتوکلاو آون با افزایش مش و میزان افزودن سبوس، قوام ژل تشکیل شده افزایش یافته است.

۳-۵- C_5 یا میزان رتروگراداسیون نشاسته

رتروگراداسیون یا برگشت به عقب، فرآیندی دو مرحله ای است که درآن زنجیره های آمیلوز اتصال پیدا کرده و افزایش آن نیز نشانگر کاهش مدت ماندگاری محصول نهایی است. زنجیره های آمیلوزی از مولکول های ژلاتینه شده ی نشاسته نشت پیدا کرده و سپس طی فرآیند رتروگراداسیون، تجمع یافته و توسط پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر اتصال پیدا می کنند[٦]. فیبرهای نامحلول به خصوص سلولز، حاوی مقادیر بالای گروه هیدروکسیل بوده و گروه های هیدروکسیل نیز به دلیل واکنش پذیری بالا با گروه های هیدروکسیل نشاسته پیوند برقرار کرده و پل هیدروژنی تشکیل می دهند. این مسئله هم تراز شدن زنجیره های پلیمری را مختل کرده و از رتروگراداسیون نیز جلوگیری به عمل می آورد [۲٦]. به همین سبب قادر است میزان رتروگراداسیون یا C۵ را کاهش دهد. لذا همانطور که در جدول ٦ دیده می شود با افزایش میزان سبوس و در حقیقت افزایش میزان فیبر، میزان رتروگراداسیون یا C۵ تیمارها کاهش می یابد. از طرف دیگر مشاهده می شود که با افزایش سبوس به فرمولاسیون پاستا اندیس فعالیت آلفا آمیلازی نیز تا حد بالایی افزایش یافته و این نشانگر کاهش فعالیت این آنزیم است. کاهش فعالیت آمیلازی نیز علتی دیگر برای کاهش میزان رتروگراداسیون خواهد بود.

۳-٦- زمان گسترش خمیر (Dough Development Time)

همانطور که از بررسی نتایج فیبر ها در مرحله ی قبل مشخص شد، فرآوری سبوس منجر به افزایش میزان فیبر نامحلول سبوس شده است. فیبر های نامحلول می توانند آب را درون خود نگه داشته و با نشاسته بر سر این آب رقابت کنند. از طرف دیگر قدرت تورم سبوس نیز از آرد بالاتر بوده و در نتیجه این عوامل باعث کاهش میزان زمان گسترش خمیر شده است [۱۹]. همانطور که در جدول شماره ۷ نیز مشاهده می شود، با افزایش میزان سبوس و به دنبال آن افزایش میزان فیبر، زمان گسترش خمیر کاهش بیشتری پیدا کرده است. نتایج زمان گسترش خمیر نشان دهنده ی وجود اختلاف معنادار نسبت به تیمار شاهد آرد پاستا و شاهد تخمیری در همه ی تیمارهاست.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

۳-۷-اسید فیتیک پاستا

در تیمارهای پایلوت شده، همانطور که در جدول ۹ و نمودار شماره ۲ اشاره شده است، بین ٤ تیمار اختلاط شده با سبوس و تیمار Control، اختلاف معنادار وجود داشته و میزان اسید فیتیک افزایش یافته است. در میان تیمارهای مختلط با سبوس نیز هر ٤ تیمار به شکل ۲ به ۲ (T_1 و T_2) و (T_4 و T_3) با یکدیگر اختلاف معنادار ندارند. با توجه به اینکه میزان اسید فیتیک آرد پاستا ۱۰۸۵/۵۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم بوده و پس از گذراندن مراحل پایلوت (مخلوط شدن با آب، اکسترودر و خشک کردن) به میزان ۷٤۷/٦۱ (تیمار Control) کاهش یافته و این بدین معنی است که پاستا در حین مراحل آماده سازی تقریبا بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ واحد از میزان اسید فیتیک را از دست می دهد. در ارتباط با تیمارهای دیگر نیز به طور مثال در تیمار T_2، میزان اسید فیتیک سبوس مورد استفاده در آن ۱۳۵۲/۸۵ بوده و پس از اختلاط در میزان ۵ درصد با آرد پاستا که خود ۱۰۸۵/۵۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم اسید فیتیک دارد، در نهایت اسید فیتیک پاستای تولید شده با این سبوس، ۱٦۹٦/۱٦ میلی گرم در ۱۰۰ گرم می باشد. پس می توان گفت با توجه به اینکه هم سبوس و هم آرد پاستا هر دو مقدار قابل توجهی اسید فیتیک دارند، در نهایت میزان اسید فیتیک پاستای تولید شده از مقدار مناسبی برخوردار است. ذکر این نکته نیز ضروری است که طبق مطالعه ای که در سال ۲۰۱۹ توسط Catzeddu و همکارانش انجام شده و با نتیجه ی این پژوهش نیز همخوانی دارد، افزودن سبوس به فرمولاسیون پاستا سبب افزایش میزان اسید فیتیک آن خواهد شد [۲۵]. همچنین نتایج پژوهش Kordonowy و Youngs در سال ۱۹۸۵ نیز بیانگر این است که اسید فیتیک پاستای سبوس دار به میزان ۲٤/٦ تا ۲۷/۷ درصد در حالت پخته کاهش می یابد. همچنین آمده است که فیتات ها تا میزان ۳۳ درصد در آب پخت انحلال پذیری دارند و این بدین معنی است که حداقل تا میزان ۲۷/۷ درصد در قالب آب پخت، شاهد کاهش اسید فیتیک پاستا هستیم. این کاهش به این دلیل است که فیتات ها در آب حل شده و همچنین فیتاز درونی موجود در سبوس نیز در حین فرآیند پخت، فیتات ها را هیدرولیز می کند[۲۲]. نکته ی بسیار مهم این است که حد مجاز مصرف روزانه ای (Recommended daily intake) برای اسید فیتیک از سوی سازمان بهداشت جهانی یا مراجع دیگر اعلام نشده و داده هایی هم که در مورد میزان مصرف روزانه ی افراد در کشورهای مختف ارائه می شود، داده هایی است که از وعده های مصرفی به شکل تخمینی ارائه شده است. رژیم غذایی اصلی ترین نقش را در تامین میزان مصرفی روزانه ی این ماده دارد. در پژوهش انجام شده توسط Youngs در سال 1985 اعلام شده است که اگر روزانه مقدار ۵ اونس یا ۱٤۱/۷٤ گرم اسپاگتی پخته (غنی شده با ۱۰ درصد سبوس) که از ۲ اونس یا ۵٦/٦۹ گرم اسپاگتی خشک تهیه می شود و حاوی میزان ۰/۲۱ گرم اسید فیتیک است مصرف شود، به حدی نیست که بتواند فقر مواد مغذی ایجاد کند. مصرف روزانه ی ۱/۰۲ تا ۱/۲۲ گرم اسید فیتیک خالص به مدت ٤ تا ۸ هفته می تواند اثرات مثبتی بر فقر ریز مغذی ها و مواد معدنی داشته باشد. لذا می توان گفت با توجه به اینکه میزان مناسبی از اسید فیتیک در طول پخت پاستا کاهش می یابد، مصرف این پاستا در مقیاس ۱ الی ۲ بار در هفته، اثر بسیار کمی بر کاهش میزان جذب مواد مغذی داشته و همزمان میزان مناسبی از فیبرهای رژیمی را نیز در رژیم غذایی افراد می گنجاند [۲۷].

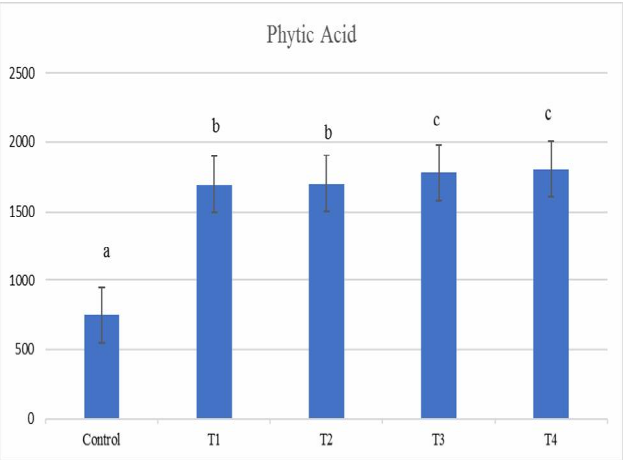

Fig 2 Phytic acid content of pasta samples
(Data followed by the same letter in a column are not significantly ($P \leq 0.05$) different.)

۳-۸-رنگ پاستا

رنگ پاستا اولین ویژگی است که به شکل مستقیم تحت تاثیر افزودن سبوس قرار گرفته است. در مطالعات پیشین نیز به دفعات آمده است که رنگ پاستای حاوی سبوس و حتی پاستای حاوی آرد غله ی کامل از پاستای ساده نامرغوب تر است. L^* یا میزان

روشنی تیمارهای حاوی سبوس، همانطور که از نتایج جدول شماره ۸ مشخص است، کاهش چشمگیری داشته است [۲۰]. از طرف دیگر میزان قرمزی یا a^* نمونه ها با افزودن سبوس و افزایش میزان آن، افزایش یافته و این در حالی است که پارامتر b^* یا زردی تیمارها، نسبت به تیمار شاهد آرد پاستا افزایش یافته است. اما ذکر این نکته نیز ضروری است که در هر کدام از فرآیندهای اتوکلاو آون و شاهد تخمیری ، با افزایش مش سبوس از ۹۰ به ۱۲۰ با کاهش b^* روبرو هستیم. در مطالعه ای هم که توسط Manthey و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام شد، آمده است که حتی با افزودن ۱۰ در صد سبوس، کاهش قابل توجهی در میزان L^* و b^* یا زخ داده و این امر پاستا را محصولی غیر جذاب تر برای مصرف کننده خواهد کرد [۲۸]. تغییر در پارامترهای رنگ سنجی، ناشی از وجود سبوس، قهوه ای شدن غیر آنزیمی مرتبط با واکنش مایلارد و یا واکنش های آمینو- کربونیل مابین پروتئین ها و قند ها می باشد [۲۰] و [۲۹]. در ارتباط با پارامتر Yellowness نیز باید متذکر شد که در این فاکتور نیز همانند b^*، با افزایش سبوس به فرمولاسیون خمیر پاستا، میزان این فاکتور نیز افزایش یافته است.

Table 8 Color Characteristics of the Pasta Samples

	L-Value	a-Value	b-Value	Yellowness
Control	72.41^{a}	4.51^{a}	27.52^{a}	74.43^{a}
T_1	63.61^{b}	8.25^{b}	29.66^{b}	95.13^{b}
T_2	63.45^{b}	8.21^{b}	30.2^{c}	96.9^{c}
T_3	62.51^{c}	8.51^{c}	28.56^{d}	93.87^{d}
T_4	58.48^{d}	9.43^{d}	27.1^{e}	96.87^{c}

Data followed by the same letter in a column are not significantly ($P \leq 0.05$) different.

۳-۹- رطوبت پاستا

نتایج حاصل از اندازه گیری رطوبت نشان دهنده ی عدم وجود اختلاف معنادار مابین تیمارها می باشد. البته تنها تیمار T_2 (مش ۹۰ با اندازه ی ۵ درصد) میزان رطوبتش بیشتر از تیمارهای دیگر است. عدم وجود اختلاف معنادار بین ٤ تیمار دیگر و متفاوت بودن تنها ۱ تیمار می تواند ناشی از این مطلب باشد که در هنگام خشک شدن نمونه های پاستا در پایلوت، امکان ایجاد ارتباط منطقی بین رطوبت نمونه ها وجود ندارد[۲۲].

۳-۱۰- خاکستر

افزایش در میزان خاکستر و یا در واقع افزایش در میزان مواد معدنی در تمامی تیمارها در جدول ۹ قابل مشاهده می باشد. بر طبق نتایج اعلام شده از سوی Kuar افزودن سبوس باعث افزایش پروتئین، فیبر، مواد معدنی و همچنین منجر به کاهش کربوهیدرات های در دسترس می شود [۲۲]. با آنکه خاکستر موجود در دانه گندم به شکل یکنواخت در همه جای آن توزیع نشده است، اما بخش اعظم آن در سبوس متمرکز شده است. ذرات سبوس به دلیل داشتن املاح و مواد معدنی بیشتر نسبت به قسمت های داخلی تر دانه، باعث بالارفتن میزان املاح و مواد معدنی شده و در نتیجه میزان خاکستر نهایی تیمارهای پاستای تولید شده افزایش یافته است. لذا افزایش سبوس و سپس افزایش میزان آن باعث بالا رفتن خاکستر و یا مواد معدنی در تمامی تیمارها شده است [۳۰].

Table 9 Chemical Analysis of the Pasta Samples

Treatments	Phytic Acid	Moisture	Ash
Control	747.6133^{a}	6.18^{ab}	6.54^{a}
T_1	1696.1633^{b}	6.08^{ab}	8.78^{b}
T_2	1703.51^{b}	6.26^{b}	9.72^{c}
T_3	1780.1833^{c}	5.94^{a}	9.67^{c}
T_4	1805.1733^{c}	5.95^{a}	6.87^{c}

Data followed by the same letter in a column are not significantly ($P \leq 0.05$) different.

۳-۱۱- آزمون های پخت

۳-۱۱-۱-افت پخت یا Cooking loss

افت پخت به شکل مستقیم به استحکام شبکه ی گلوتنی، گرانول های نشاسته، میزان ژلاتیناسیون، میزان و کیفیت پروتئین بستگی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

دارد [31]. فیبرهای رژیمی که به میزان زیادی در سبوس موجود می باشند، موجب تخریب تورم گرانول های نشاسته شده و پارگی آن ها را تسهیل می کنند [۳۲]. این مسئله منجر به آزاد شدن مواد بیشتری در حین پخت شده و لعاب یا افت پخت را افزایش می دهد.

اما همانطور که در نمودار ۳ آمده است، نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج ذکر شده مطابقت و همخوانی ندارد. اولین علتی که می توان ذکر کرد این است که همانطور که در بخش مربوط به پارامتر C2 ذکر شد، با افزودن سبوس میزان گلوتن تیمارها بالاتر می رود. اما در بین دو تیمار به پایلوت رسیده، تیمار $T_۲$ ، گلوتنی برابر با تیمار Control (پاستای ساده)، و تیمار $T_۳$ گلوتنی بیشتر از تیمار Control دارد. اما در نتایج افت پخت مشاهده می شود که تیمار T_2 با تیمار Control اختلاف معنادار داشته و افت پخت آن کمتر بوده، اما تیمار $T_۳$ بدون اختلاف معنادار بوده و افت پخت آن برابر با تیمار کنترل است. این مسئله بدین معنی است که گرچه در این تیمارها با افزودن سبوس، با کم و زیاد شدن گلوتن روبرو هستیم اما کیفیت شبکه ی گلوتنی پس از افزودن این سبوس ها نسبت به تیمار شاهد بهبود پیدا کرده است. در ارتباط با تیمارهای شاهد تخمیری ($T_۱$ و $T_٤$) نیز مشاهده می شود که تیمار $T_۱$ (مش ۹۰ در مقیاس ۵ درصد) با گلوتن ٤/ ۲٦، نسبت به آرد پاستا اختلاف معنادار داشته و افت پختی بالاتر از آرد دارد اما تیمار $T_٤$ (مش ۱۲۰ و ۷/۵ درصد) با اختلاف معنادار نسبت به آرد، گلوتنی بالاتر از آرد اما افت پختی کمتر از آرد دارد. ذکر این تفاوت نیز ضروری است که در تیمارهای تهیه شده در این پژوهش، با افزایش مش ذرات سبوس و میزان آن، شاهد افزایش افت پخت هستیم اما درباره ی تیمار شاهد تخمیری این مسئله معکوس بوده و با افزایش مش از ۹۰ به ۱۲۰، افت پخت کاهش می یابد. دو تیمار تهیه شده در این پژوهش گرچه در میزان گلوتن با یکدیگر متفاوت هستند، اما هر دو دارای یک میزان نرم شدگی گلوتن یا C۲ هستند و این بدین معناست که در این ۲ تیمار اندازه ی مش سبوس فرآیند شده و میزان گلوتن آن بر نرم شدگی و تخریب بی اثر بوده و به یک اندازه شبکه ی گلوتنی تخریب می شود. همین امر یکی از علت های انتخاب این دو تیمار برای ورود به مرحله ی پایلوت بوده است. از طرفی اگر به میزان افت پخت پاستا که تحت تاثیر میزان تخریب شبکه ی گلوتنی و کیفیت ژلاتیناسیون است نگاه کنیم، متوجه می شویم که میزان افت پخت تیمار $T_۳$ بیشتر بوده و این مسئله می تواند ناشی از میزان ژلاتیناسیون بیشتر این تیمار نسبت به مش ۹۰ یعنی تیمار $T_۲$ باشد.

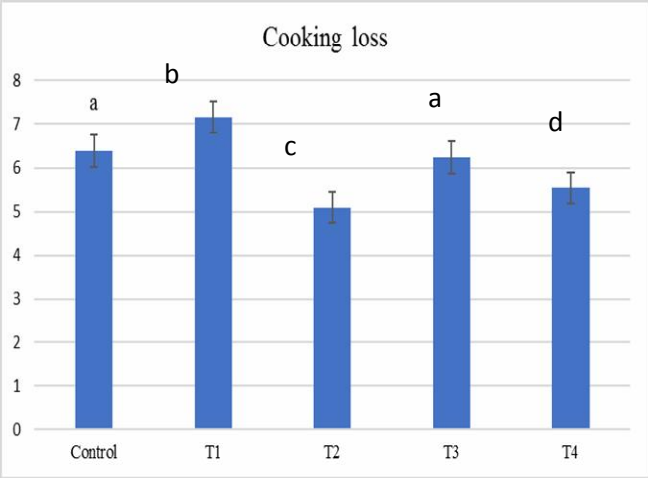

Fig 3 Cooking Loss for the Pasta Samples (Data followed by the same letter in a column are not significantly (P≤ 0.05) different.)

۳-۱۱-۲-عدد پخت یا Cooking Value

فیبرهای رِژیمی که به مقدار وسیعی در سبوس گندم وجود دارند، حاوی پلی ساکاریدها، الیگوساکاریدها، لیگنین و دیگر موادی هستند که قدرت بالایی برای افزایش میزان جذب آب دارند. Kaur در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۲ با هدف بررسی اثر و خواص پاستای غنی شده با انواع غلات انجام داد، بیان کرد که استفاده از ترکیبات فیبری و اختلاط آن با آرد گندم، میزان هیدراسیون یا جذب آب را به تناسب افزودن این ترکیبات افزایش می دهد. همچنن اعلام کرد که ارتباط مستقیم و مثبتی مابین جذب آب و افزایش حجم پاستای غنی شده با سبوس گندم وجود دارد [۲۲]. همچنین به دفعات در مطالعات مختلفی آمده است که خواص گرانول های نشاسته و اندازه ذرات آرد نیز در میزان جذب آب موثر خواهد بود. از طرف دیگر طبق مطالعاتی که در بخش های قبل نیز به آن ها اشاره شد، افزودن سبوس به پاستا موجب تخریب شبکه ی گلوتنی شده و حضور مقادیر اضافه تر آب نیز سبب افزایش ظرفیت تورم نشاسته و در نهایت افزایش وزن بعد از پخت یا همان عدد پخت خواهد شد. نتایج بدست آمده از این آزمون نیز همانطور که در نمودار ٤ آمده

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

است، این نتایج را کاملا تایید می کنند.

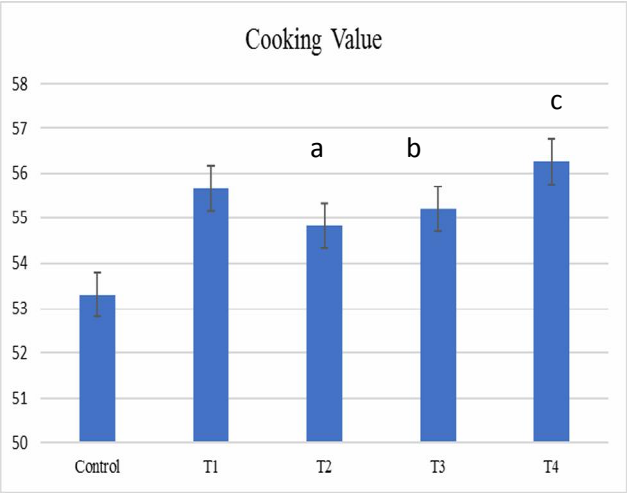

Fig 4 Cooking Values for the Pasta Samples (Data followed by the same letter in a column are not significantly ($P \leq 0.05$) different.)

۳-۱۲-آزمون ارزیابی ویژگی های بافت (کرامر)

کیفیت پخت پاستا نیز به توانایی آن در نگهداری خواص بافتی در حین پخت بر می گردد. در واقع خواص بافتی پاستا نقشی ضروری را در تعیین پذیرش این محصول از سوی مصرف کننده دارد. لذا تعیین و بررسی هر چه دقیق تر این خواص از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد [۲۰]. در این تحقیق از آزمون برش کرامر استفاده گردیده است. پس از انجام آزمون، نموداری نیز توسط نرم افزار دستگاه رسم می شود که در شکل ۵ آمده است.

۱-۳-۱۲- نیروی بیشینه ی برش (Maximum Force یا Firmness)

Firmness در پاستا با عنوان اندازه گیری بیشینه ی نیروی لازم که توسط آزمون برش یا تراکم برای ایجاد یک تغییر شکل قطعی در بافت پاستا نیاز است، تعریف می شود. هرچه میزان این نیرو بیشتر باشد، به معنی یکنواختی پاستا و افزایش میزان Firmness آن است [۳۱]. فیبرهای رژیمی به دلیل مداخله در یکنواختی و پیوستگی شبکه ی گلوتنی باعث تضعیف خمیر، کاهش مقاومت آن و افت کیفیت پاستا شدند [۹] و [۲۰]. این کاهش و تداخل در شبکه ی گلوتنی که منجر به تضعیف شبکه ی گلوتنی شده باعث کاهش در میزان Firmness پاستا نیز خواهند شد. همانطور که در جدول ۱۰ مشاهده می شود، درباره ی تیمارهایی که با سبوس اتوکلاوآون شده در هر ۲ مش ۹۰ و ۱۲۰ (T_2 و T_3) تهیه شده اند، با افزایش در میزان نیروی برش و یا به معنای دیگر افزایش Firmness در حد وجود اختلاف معنادار نسبت به تیمار کنترل و شاهد تخمیری روبرو هستیم. در این ۲ تیمار با افزایش مش و میزان افزودن سبوس، مقدار Firmness هیچ تغییری نکرده است. در حالی که در تیمارهای T_1 و T_4 (شاهد های تخمیری) این مسئله معکوس بوده و ضمن کاهش بیشینه ی نیرو نسبت به Control با افزایش میزان و مش سبوس نیز این پارامتر مجددا کاهش پیدا کرده است. شبکه ی پروتئینی و بخصوص یکنواختی و پیوستگی آن، مهمترین نقش را در تعیین و حفظ خواص بافتی پاستا داشته و می تواند نشاسته را به خوبی درون شبکه به دام انداخته و متعاقبا پاستایی غیر چسبنده با بافت مناسب پدید آورد [۳۲]. در مقایسه ی دو فرآیند تخمیر و اتوکلاوآون، با توجه به اینکه هر دونوع دارای میزان زیادی فیبرهای نامحلول هستند، پس می توان نتیجه گرفت که فرآیند تخمیر اثری مضاعف بر تخریب و تضعیف این شبکه نسبت به فرآیند دیگر دارد.

۲-۱۲-۳- سطح زیر منحنی یا انرژی برشی (Area)

پس از اینکه نمونه توسط تیغه سوراخ شده و اولین deformation حاصل شد، انرژی لازم برای له کردن نمونه و برگشت تیغه به حالت اول، تحت عنوان Area یا سطوح زیر نمودار Force – Time ارائه می شود. می توان گفت که این انرژی، انرژی لازم برای برش و تغییر شکل بافت داخل محصول می باشد و همانطور که در جدول ۱۰ مشاهده می شود ، هیچ اختلاف معناداری مابین تیمارها (T_2 و T_3) با تیمار شاهد تخمیری (T_1 و T_4) و Control وجود ندارد. می توان گفت که عدم وجود اختلاف معنادار در نتایج انرژی (سطح زیر نمودار) اما وجود اختلاف معنادار در نتایج بیشینه ی نیروی لازم برای برش، نشان دهنده ی این است که حضور سبوس با ذرات ریز (همسان با ذرات آرد) موجب ایجاد یکنواختی بیشتر در پوسته ی پاستا هنگام خشک شدن شده اما در بافت داخلی پاستا تاثیری نداشته است. اما نکته ای که وجود دارد این است که تنها تیماری

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

که میزان انرژی آن با دیگر تیمارها اختلاف معنادار و کاهش چشمگیری داشته، تیمار T_4 است که به نظر می آید، درصد بیشتر و درشت تر بودن سبوس و همینطورفرآیند تخمیر با توجه به تاثیر گذاری سبوس بر شبکه ی گلوتنی، منجر به نرم شدن بیش از حد بافت پاستا و کاهش انرژی لازم برای آن شده است.

۳-۱۲-۳- میزان چسبندگی (Adhesivness)

چسبندگی در آزمون بافت پاستا پارامتری است که با عبارت میزان نیروی لازم برای جداسازی تیغه یا Probe از نمونه تعریف می شود. نتایج بدست آمده از میزان چسبندگی، نشان دهنده ی وجود اختلاف معنادار بین نتایج چسبندگی تیمارها با تیمار Control و همچنین افزایش نسبت به آن است. در پژوهشی که توسط Laureati و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام شد، آمده است که پس از افزودن سبوس به فرمولاسیون اسپاگتی در سطوح ۱۰ تا ۳۰ درصد ، شاهد کاهش در میزان چسبندگی بوده و علت این امر نیز حضور سبوس و اثر مثبت فیبرهای نامحلول آن در کاهش چسبندگی ذکر کرده اند [۲۱]. همچنین در پژوهش دیگری که توسط Aravind و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام شده است، پس از افزودن سبوس در میزان ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به فرمولاسیون اسپاگتی، کاهش معناداری در میزان چسبندگی آن حاصل شده و علت احتمالی این امر را نیز، کاهش میزان نشاسته ی کل با جایگزینی هرچه بیشتر سبوس با آرد و اثر مثبت سبوس بر کاهش چسبندگی ذکر کرده اند[۲۰]. نتایج این ۲ پژوهش با نتایج بدست آمده در این پژوهش که بیانگر افزایش چسبندگی است، در تضاد می باشند. در بیان علت احتمالی نیز این مطلب را می توان ذکر کرد که ذرات ریز شده ی سبوس که در حین آسیاب بدست می آیند، در واقع قسمت ها یا لایه های داخلی آن بوده که حاوی مقادیر زیادی مواد نشاسته ای بوده [۲۱] و همین امر منجر به افزایش چسبندگی می شود. در بین تیمارها، میزان چسبندگی تیمار T_2 از بقیه ی تیمارها بیشتر بوده اما تیمارهای دیگر یعنی T_1 ، T_3 و T_4 ، با یکدیگر اختلاف معنادار ندارند. همانطور که گفته شد استحکام و یکنواختی شبکه ی پروتئینی یا گلوتنی به دلیل اینکه می تواند گرانول های نشاسته ی ژلاتینه شده را به خوبی درون شبکه به دام بیاندازد، مهمترین نقش را در حفظ بافت مناسب پاستا دارد. تیمار T_2 تیماری است که از نظر کمی، گلوتنی برابر با گلوتن تیمار Control داشته اما میزان بیشتری مواد نشاسته ای نسبت به تیمار شاهد یا Control دارد، لذا از میزان بیشتری چسبندگی نیز برخوردار است. اما هر۳ تیمار دیگر از گلوتنی بالاتر از گلوتن شاهد آرد پاستا برخوردار بوده اما از یک میزان چسبندگی برخوردار هستند. در مطالعه ای که North و همکارانش در سال ۲۰۱۰ در ارتباط با اثر افزودن سبوس گندم بر تهیه ی نان انجام دادند، اعلام کردند که کاهش مش ذرات سبوس منجر به تقویت اثرات مضر آن خواهد شد. ذرات ریز و کوچکتر سبوس سطوح تعامل بیشتری را بین پروتئین های گلوتن و ترکیبات واکنش پذیر دیواره ی سلولی سبوس به خصوص فیبر ها ایجاد کرده و همین واکنش ها علت اصلی اثرات منفی سبوس بر نان، پاستا و یا هر محصول پذیرای سبوس است [۳۳]. با توجه به اینکه خلا تحقیقاتی در ارتباط با اثر اندازه ی ذرات سبوس بر کیفیت پاستا هنوز به چشم می خورد، اما در مطالعاتی اثر آن بر نودل ها بررسی شده و با توجه به شباهت نودل و پاستا از جهت بافت و مزه می توان تا حدودی در مورد اثر اندازه ی ذرات بر پاستا نیز اظهار نظر کرد. Chen و همکارانش در نتیجه ی مطالعه ای که در سال ۲۰۱۱ در ارتباط با بررسی اثر افزودن سطوح مختلف سبوس گندم با اندازه ذرات مختلف انجام دادند، بیان کردند که پارامتر چسبندگی با افزایش سطح و اندازه ذرات سبوس گندم اضافه شده به نودل، افزایش می یابد. به شکلی که اگر اندازه ی ذرات از ۱۶۰ به ۲۰۰ میکرومتر افزایش پیدا کند امتیاز نهایی نودل های پخته شده به شکل قابل توجهی کاهش یافته است [۳۴].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

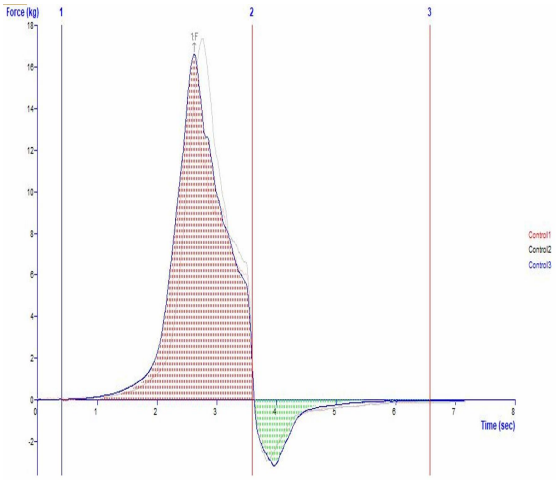

Fig 5 Kramer Texture Test Curve

سبوس گندم به دلیل دارا بودن مقادیر بالای فیبر های نامحلول که منجر به افزایش جذب آب خواهد شد، بر استحکام و یکنواختی شبکه ی گلوتنی و توانایی آن برای به دام انداختن نشاسته های ژلاتینه شده تاثیر بسزایی داشته و از قدرت این شبکه می کاهد. نتایج بدست آمده از آزمون چسبندگی نشان دهنده ی وجود اختلاف معنادار بین تمامی تیمارها با تیمار Control و همچنین افزایش این پارامتر نسبت به تیمار Control می باشد. در بیان علت احتمالی این مسئله نیز می توان به دلایل مطرح شده در بالا اشاره کرد. اما همانطور که مشاهده می شود، تیمار T_2 بیشترین میزان چسبندگی را داشته اما ۳ تیمار دیگر، هر سه نتایجی بدون اختلاف معنادار را نشان می دهند. در بیان علت این مسئله نیز می توان به اختلاف میزان گلوتن این تیمارها و بیشتر بودن نسبت به گلوتن تیمار Control اشاره کرد. اما این مسئله در حالی است که میزان گلوتن تیمار T_2 که بیشترین میزان چسبندگی را دارد، برابر با تیمار شاهد آرد پاستاست. یعنی در واقع می توان گفت که از جهت کمیت و کیفیت گلوتن، تیماری شبیه به تیمار Control بوده، اما به دلیل فیبرهای نامحلول، میزان اضافه تری آب درون آن وجود دارد. این میزان آب اضافه تر خود می تواند دلیلی بر افزایش چسبندگی این تیمار بیش از تیمارهای دیگر باشد.

Table 10 Textural Parameters of the Kramer Test

Samples	Area	Maximum Force	Adhesivness
Control	14.48^{a}	16.04^{ab}	2^{a}
T_1	15.95^{a}	13.96^{ab}	4.1^{ab}
T_2	14.71^{a}	20.11^{b}	5.8^{b}
T_3	18.62^{a}	20.95^{b}	4.2^{ab}
T_4	8.91^{b}	9.77^{a}	3.4^{ab}

Data followed by the same letter in a column are not significantly ($P \leq 0.05$) different.

۳-۱۳-ویژگی های حسی

جهت ارزیابی کیفیت حسی نمونه های پاستا، ابتدا آزمون مقایسه ای چندگانه (Multile Comparison Test) برای تشخیص تفاوت (Difference)، توسط یک تیم ۹ نفره ی آموزش دیده انجام شده و نتایج آن بوسیله ی آزمون Dunnet در نرم افزار SPSS 26 بررسی شد. همانطور که در جدول ۱۱ مشاهده می شود، آزمون تشخیص تفاوت به بررسی دو به دوی تیمارها در کنار تیمار کنترل میپردارد. پس از انجام این آزمون در نتایج مشخص شد که ما بین نمونه ها با نمونه شاهد (Control) تفاوتی وجود نداشته و همانطور که در جدول ۱۱ با علامت * مشخص شده است، فقط تیمار T_3، از نظر طعم متفاوت بوده است. پس از انجام این آزمون نیز آزمون هدونیک ۵ امتیازی، به جهت بررسی درجه دوست داشتن، میزان ترجیح یا پذیرش کلی این محصول در غالب پارامترهای رنگ (Colour)، بو(Odor)، مزه (Flavour)، بافت(Texture) و پذیرش کلی(Overall Acceptability) انجام شد. همانطور که در نمودار ٦ آمده است، در همه ی پارامترها مصرف کنندگان امتیازی برابر با تیمار Control (آرد پاستا) و شاهد تخمیری داده اند. تنها اختلاف معنادار مابین آزمون های حسی، وجود اختلاف معنادار بین مزه ی تیمار T_3 با دیگر تیمارها بوده است. در پژوهشی که توسط

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

Aravind و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام شده آمده است که با اضافه کردن حتی ۱۰ درصد سبوس به فرمولاسیون اسپاگتی، کاهش قابل توجهی در روشنایی و زردی بوجود آورده و پاستا را در دید مشتری غیر جذاب تر می کند[۱۹]. طبق نتایجی که Sandberg در سال ۲۰۱۵ ارائه کرد، افزودن سبوس گندم در میزان ۱۰ درصد، دارای امتیازهای حسی مشابه بافتی و حسی با پاستایی است که بدون افزودن سبوس تولید شده است. همچنین افزودن میزان ۳۰ درصد سبوس گندم دوروم نیز دارای اثر مشابه بافتی با پاستای تهیه شده با آرد غله ی کامل است[۵]. لذا با توجه به اینکه اندازه ذرات سبوس تهیه شده در این پژوهش مشابه اندازه ذرات آرد پاستا بوده و حداکثر تا میزان ۷/۵ درصد به پاستا افزوده شده است، این مسئله که در تمامی پارامترهای حسی با پاستای شاهد یکسان بوده و اختلاف معنادار نداشته، قابل قبول بوده و می تواند یک امتیاز برای تولید این نوع پاستا باشد.

٤-نتیجه گیری کلی

با توجه به افزایش روز افزون بیماری های گوارشی و همچنین دیابت و از طرف دیگر در دسترس بودن پاستا، هدف از انجام این پروژه، تولید و بیان امکان تولید پاستای غنی از فیبر با محصولی جانبی به نام سبوس گندم و جلوگیری از ضایع شدن این ترکیب غنی از فیبر به عنوان ضایعات بوده است. اما با توجه به حضور ترکیب ضد تغذیه ای اسید فیتیک در سبوس گندم و لزوم فرآوری آن به منظور کاهش اسید فیتیک، پیش از افزودن به پاستا، سبوس گندم با روش های آسیاب، اتوکلاو، آون گذاری و ترکیب این فرآیند ها فرآوری شد. نتایج این بررسی نشان داد که فرآوری ترکیبی اتوکلاوآون در کنار آسیاب شدن و ریز تر شدن اندازه ی ذرات سبوس، بیشترین میزان اثر گذاری را در کاهش اسید فیتیک بدنبال داشته است.

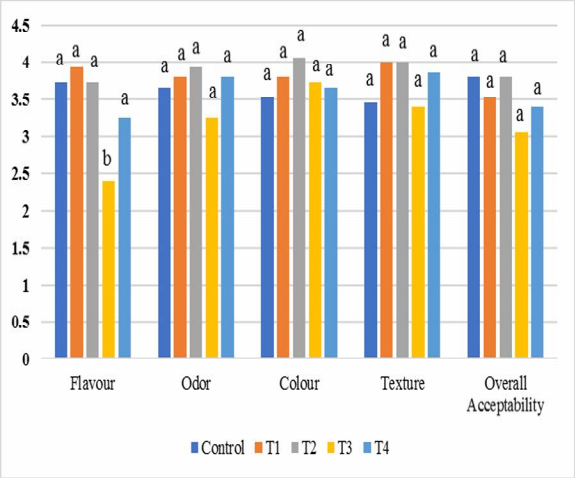

Fig 6 Sensory Properties of the Pasta Samples

Table 11 Multiple Comparison Test Results (Difference Detecting)

Colour	T_1	Control	0.26
	T_2	Control	0.53
	T_3	Control	0.2
	T_4	Control	0.13
Flavor	T_1	Control	0.2
	T_2	Control	0
	T_3	Control	**-1.33***
	T_4	Control	-0.46
Odor	T_1	Control	0.13
	T_2	Control	0.26
	T_3	Control	-0.4
	T_4	Control	0.13
Texture	T_1	Control	0.53
	T_2	Control	0.53
	T_3	Control	-0.06
	T_4	Control	0.4
Overall Acceptability	T_1	Control	-0.26
	T_2	Control	0
	T_3	Control	-0.73
	T_4	Control	-0.4

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

همچنین با توجه به نتایج میزان فیبر سبوس ها نیز پس از فرآوری به میزان قابل توجهی افزایش داشته و همین افزایش منجر به افزایش فیبر پاستای فراسودمند با خواص رئولوژی مناسب خواهد شد. ویژگی های دیگر پاستای تولید شده نیز اعم از خواص پخت، خواص ظاهری و همچنین میزان اسید فیتیک در مقدار های مناسبی قرار دارند. افزودن سبوس به پاستا باعث افزایش میزان اسید فیتیک و تیره تر شدن رنگ آن خواهد شد. اما با توجه به اینکه میزان عمده ی مصرف پاستا (۱ الی ۲ بار در هفته) و همچنین از بین رفتن میزان مناسبی از فیتات ها با آب پخت، می توان پاستای سبوس دار را غذای مناسبی عنوان کرد. همچنین در ارتباط با رنگ نیز، درست است که نتایج آزمون های رنگ سنجی نشان از وجود اختلاف معنادار بین تیمارهای تولید شده و تیمار بدون سبوس دارد، اما با توجه به عدم وجود اختلاف معنادار در نتایج آزمون حسی هدونیک و همچنین نتایج مطلوب آزمون تشخیص تفاوت، مصرف کننده از رنگ پاستای سبوس دار به همان میزان پاستای ساده راضی بوده و این سطح رضایت در ارتباط با مزه، رنگ، و پذیرش کلی نیز قابل مشاهده است.

لذا با توجه به رضایت بخش بودن نتایج آزمون های حسی، همچنین مناسب بودن نتایج پخت پاستا بخصوص کاهش افت پخت، می توان با اطمینان این محصول را به عنوان یک محصول فراسودمند مناسب معرفی کرد. اما ذکر این نکته نیز ضروری است که همچنان خلا تحقیقاتی در ارتباط با اثر اندازه ذرات سبوس، بخصوص سبوس های فرآوری شده و روش های مناسب فرآوری موجود بوده و قابل بررسی است.

۵- تشکر و قدردانی

از کارشناسان مجموعه صنعتی آرد زر، زرماکارون و پالایشگاه غلات و مجتمع آزمایشگاهی رازی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند قدردانی میشود.

٦- منابع

[1] Jafarpour A, Mazandarani M.(2012). Enrichment of food Products and its methods, *The Third National Food Security Conference*.Tehran.Iran.

[2] Nelson AL.(2001) High Fiber Ingredients Handbook. *Eagan Press Handbook Serious* Publication. First Episode. 17-21.

[3] Makower, RU. (1970). Extraction and Determination of Phytic acid in Beans. *Western Regional Research Laboratory, Agricultural Research* Service. 47: 288-295

[4] Moosavi-Movahedi A, Moslehishad M and Salami M .(2018). Chemistry of Functional Foods and Nutraceuticals. Tehran University Publication ،First and Third Episodes .25-31

[5] Sandberg, E. (2015). The Effect of durum wheat bran particle size on the quality of bran enriched pasta. MSc. Thesis .Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Food Science. *Swedish University of Agricultural Science.*

[6] Rayati Banadkooki,V.(2016). The Study and comparison of the effect of using black and red rice flours on qualitative properties and antioxidant activity of pasta. MSc. Thesis, Tehran Shomal Branch, Islamic Azad University.

[7] Golmohammadi,S. (2022).Investigating the effects of hot air oven, autoclave and hot air oven and autoclave processes on reducing the amount of wheat bran phytic acid and its physicochemical and rheological characteristics of the enriched pasta.. MSc. Thesis, Science and Research Branch , Islamic Azad University.

[8] Filipovic J, Pezo L, Flipovic N, Flipovic V, Bodroza-Solarov M and Plancak M. (2013). Mathematical Approach to assassessing spelt cultivars (Triticum aestivum subsp. Spelt) for pasta making. *Journal of Food Science & Technology*. 48 :195-203.

[9] Amel K, Amel M and Samir F. (2015). Effect of the Incorporation of Wheat Bran on Pasta quality. *Wulfenia Journal*. 22(4)-225-234.

[10] Dost K, Tokul O. (2006). Determination of phytic acid in wheat and wheat products by reverse phase high performance liquid chromatography. *Journal of Analytica Chemica Acta*, 558(1-2):.22-27.

[11] Dost K, Karaca G. (2016). Evaluation of

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

Studies. 31(4): 348-359.

[22] Kaur G, Sharma S, Nagi H and Dar BN. (2012). Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. *Journal of Food Science Technology*. 49(4):467-474

[23] Becker T, Jekle M and & Schimer M. (2014). Starch gelatinization and its complexity for analysis. 67:30-41

[24] Jekle M, Becker T and Muhlberger K. (2015). Starch-Gluten interactions during gelatinization and its functionality in dough like model systems. *Food Hydrocolloids Journal.* 54: 196-201

[25] Catzeddu P, Roggio T, Sanna M, Siliani S, Piu PP, Campus M and Fois S. (2019). Fresh Pasta Manufactured with Fermented Whole Wheat Semolina: Physicochemical, Sensorial, and Nutritional Properties. *Foods MDPI Journal*. 8.: 422

[26] Wu Y, Chen Zh, Li X and Li M. (2009). Effect of tea polyphenols on the retrogradation of rice starch. *Food Research International*, 42: 221–225.

[27] Kordonowy RK, Youngs VL. (1985). Utilization of Durum and Its Effect on Spaghetti. *Journal of Cereal Chemistry*. 62(4): 301-308

[28] Manthey F, Schorno A. (2002) Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*. 79(4), 504-510 and 43-46.

[29] Bahadorbeigi A ,Darvishi Sh and Hesami G .(2014). Investigating the activity of polyphenol oxidase enzyme in food and food processing. *International conference on sustainable development, solutions and challenges, focusing on agriculture, natural resources, environment and tourism*.Tabriz.(2015) ICSDA01_0706.

[30] Onipe O, Jideani A and Beswa D. (2015). Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*, 50:2509-2518

[31] De pinho Ferreira Guin R, Maria dos Reis Correia Paula. (2013). Engineering Aspects of Cereal And Cereal Based Products.*Contemporary Food Engineering Series*. 222-229.

[32] Nilusha R, Jayasinghe J, Perera O and phytic acid content of some tea and nut products by reverse-phase high performance liquid chromatography/visible detector. *Food Analytical Methods*, 9(5):1391-1397.

[12] Van Soest PV, Robertson JB and Lewis B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10): 3583- 3597

[13] AACC (14-22-01). (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10th ed). St. Paul, MN: *American Association of Cereal Chemists.*

[14] ISIRI. (2005). Macaroni- Specifications and test Methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (213)

[15] ISIRI. (2006). Cereal and Cereal Products-Determination of moisture Content-Reference method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2705)

[16] ISIRI. (2007). Cereals, Pulses and by Products- Determination of Ash Yield by Incineration. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2706)

[17] AACC (66-50-01). (2000). Approved Methods of Pasta and noodle cooking quality – Firmness Approved. *American Association of Cereal Chemists*

[18] Soh HN, Sissons MJ and Turner MA. (2006). Effect of Starch Granule Size Distribution and Elevated Amylose Content on Durum Dough Rheology and Spaghetti Cooking Quality. *Journal of Cereal Chemistry*. 83(5):513–519

[19] Majzoobi M, Pashangeh S, Farahnaky A, Eskandari M and Jamalian J. (2012) Effect of particle size reduction, hydrothermal and fermentation treatments on phytic acid content and some physicochemical properties of wheat bran, *International Journal of Food Science and Technology*. 51(10): 2755–2761

[20] Sissons M, Aravind N, Egan N and Fellows C. (2012). Effect of Insoluble dietary fiber addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *Journal of Food Chemistry*. 130(2):299-309

[21] Laureati M, Conte A, Padalino L, Alessandro del nobile M and Pagliarini E. (2016). Effect Of Fiber Information On Consumer`s Expectation And Liking Of Wheat Bran Enriched Pasta. *Journal of Sensory*

Perera P.(2019).Development of Pasta Products with Nonconventional Ingredients and Their Effect on Selected Quality Characteristics: A brief Overview. *Hindawi International Journal of Food Science.* 1:1-10.

[33] Noort MWJ, Haaster DV, Hemery Y, Schols HA and Hamer RJ. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality-Evidence for fiber-protein interactions. *Journal of Cereal Science*.52:59-64.

[34] Chen JS, Fei MJ, Shi CL, Tian JC, Sun CL, Zhang H, Ma Z and Dong HX. (2011). Effect of particle size and addition level of wheat bran on quality of dry white Chinese noodles. *Journal of Cereal Science.* 53:217-224.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The impact of bran with reduced phytic acid by using a combined mill/autoclave/oven method on the rheological characteristics and cooking variables of Sedani-type pasta

Gol Mohammadi, S.[1], Mizani, M. [2*], Seyed Yaghoubi, A.[3]

1. M.Sc. In Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Professor, Dept. Of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Head of Quality Control at Zar Industrial & Research Group.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 11/ 13
Accepted 2023/ 03/ 07

Keywords:

Wheat Bran,
Phytic Acid,
Pasta,
Rheological properties,
Cooking quality.

DOI: 10.22034/FSCT.20.134.149
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6

*Corresponding Author E-Mail:
m.mizani@srbiau.ac.ir

ABSTRACT

Today, pasta is one of the most popular foods, and the addition of bran into its formulation provides the possibility of producing a healthy, high-fiber food product. As some micronutrients may become unavailable due to complex formation by phytic acid, which is present in bran, reducing the amount of this ingredient may eliminate this limiting factor and improve its applications in foods. The raw bran used in this study was first ground into two mesh sizes, 90 and 120 micrometers and then, processed by two stages of dry/humid thermal processes, accomplished in an autoclave and oven, at temperatures of 121°C and 150°C for 90 and 20 minutes, respectively. The bran sample mixed with the pasta flour in proportions of 2.5, 5, and 7.5(gr/100gr flour). The rheological characteristics of the mixed- flour pastes were analyzed by Mixolab test to determine the best formulation for the Sedani-type bran-enriched pasta. Van Soest and the high-performance liquid chromatography methods were used to evaluate the insoluble portion of fiber in acidic detergent and phytic acid, respectively. According to the results, two paste formulations containing 5 and 7.5% of the bran exhibited the best rheological properties. In conclusion, the pasta sample formulated with 5% of the processed bran showed the lowest cooking loss and the highest sensory scores compared to control and may be recommended as the best treatment.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.12.6]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.134.149]