

## تأثیر افزودن اینولین بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر ماکارونی

رضا افشین‌پژوه<sup>1\*</sup>، محمدرضا سعیدی اصل<sup>2</sup>، ابوالقاسم عبدالله‌زاده<sup>3</sup>، عبدالقادر عنایتی<sup>4</sup>، مهدی امینی<sup>4</sup> و امین سید یعقوبی<sup>4</sup>

<sup>1</sup> فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی علوم صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>2</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>3</sup> عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>4</sup> مشاور تحقیقاتی، واحد تحقیق و توسعه‌ی گروه صنعتی و پژوهشی زر، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: 90/6/20

تاریخ دریافت: 90/2/19

### چکیده

ماده‌ی غذایی فراسودمند، حاوی ترکیباتی با فعالیت بیولوژیکی است که توانایی ارتقاء سلامت و کاهش خطر ابتلا به امراض را دارا می‌باشد. افزودن این ترکیبات به رژیم غذایی انسان‌ها می‌تواند تحول بزرگی را در صنعت غذایی به همراه داشته باشد. ماکارونی به عنوان یک ماده‌ی غذایی سالم و با ارزش مورد استفاده‌ی بسیاری از اقشار جامعه قرار دارد. در این تحقیق، تأثیر افزودن مقادیر صفر (به عنوان شاهد)، 1٪، 2/5٪ و 5٪ اینولین روی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر ماکارونی، شامل جذب آب آرد، زمان توسعه، پایداری و درجه‌ی نرم شدن خمیر و عدد کیفی با دستگاه فارینوگراف، انرژي، مقاومت به کشش، قابلیت کشش‌پذیری و مقاومت نسبی با اکستنسوگراف، حداکثر فشار حباب، طول آلئوئوگراف و اندیس بادکردگی، انرژي تغییر شکل، نسبت فشار/طول و اندیس کشش‌پذیری خمیر با دستگاه آلئوئوگراف و میزان خاکستر و پروتئین خمیر ماکارونی به روش استاندارد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تکرار، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج، نشان داد که با افزایش مقادیر اینولین، زمان توسعه، پایداری و عدد کیفی در فارینوگراف کاهش و مقدار جذب آب و درجه‌ی نرم شدن خمیر، افزایش یافت. همچنین انرژي، مقاومت به کشش، قابلیت کشش و مقاومت نسبی خمیر در اکستنسوگراف کاهش یافت. در دستگاه آلئوئوگراف نیز افزایش مقدار اینولین، سبب افزایش مقدار اندیس بادکردگی و طول آلئوئوگراف و کاهش سایر پارامترها گردید. همچنین با افزایش اینولین، اگرچه کاهش بسیار اندکی در مقدار پروتئین‌ها و خاکستر نمونه‌ها دیده شد اما این تغییرات در سطح آماری 5٪ معنی‌دار نبود. استفاده از مقادیر 1٪ و 2/5٪ به دلیل اثرات کم‌تر روی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، تیمارهای برتر انتخاب گردید. تیمار 2/5٪ به عنوان بهترین مقدار افزودن اینولین به ماکارونی، پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ماکارونی، اینولین، ویژگی‌های رئولوژیکی.

## 1- مقدمه

پری بیوتیک نسبتاً مقاوم، حرارت‌های بالا تا دماهای 120 درجه‌ی سانتی‌گراد را تحمل نموده، لذا در طول فرایند تولید از بین نمی‌رود (2 و 10). از دیگر خصوصیات اینولین فعالیت مشابه آن در pH آرد می‌باشد (4). pH بین 6 تا 7 بهترین تاثیر را در فعالیت اینولین در طول پروسه تولید ماکارونی خواهد داشت. دستگاه فارینوگراف شاخص‌های مقدار جذب آب، زمان توسعه، پایداری، درجه‌ی نرم شدن و میزان مقاومت خمیرها و همچنین اثر مواد افزودنی و بهبود دهنده‌ها را نشان می‌دهد (11). با دستگاه اکستنسوگراف می‌توان تاثیر افزودنی‌هایی مانند اسید آسکوربیک، آنزیم پروتیناز، امولسیفایرها و نیز خصوصیات هر آرد را اندازه‌گیری نمود (11). کنترل کیفیت گندم (نرمی، سختی)، بهینه‌سازی مخلوط گندم و آرد، اصلاح و بررسی کیفیت آرد (از لحاظ افزودنی‌ها و بهبود دهنده‌ها)، ارزیابی آرد با توجه به پتانسیل آبدارگری، آنالیز آردهای مختلف از موارد کاربرد این دستگاه می‌باشد (12). وو و همکاران<sup>4</sup> (2009) در اضافه نمودن خمیر سیب‌زمینی شیرین به خمیر آرد، کاهش جذب آب و افزایش زمان توسعه خمیر در فارینوگراف، کاهش فشار، طول و نسبت فشار/طول آلوتوگراف و کاهش کشش پذیری، مقاومت به کشش و مقاومت نسبی در اکستنسوگراف را گزارش کردند (13). کالجو و همکاران<sup>5</sup> (2009)، با اضافه نمودن آرد چاودار به آرد گندم مشاهده کردند که فشار و نسبت فشار/طول افزایش و طول و انرژی آلوتوگراف کاهش می‌یابد (14). مریت و بایلی<sup>6</sup> (1945)، با اضافه کردن چربی به آردهای قوی، زمان توسعه‌ی خمیر و مقدار انرژی خمیر را کاهش دادند (15). تائو و پومراز<sup>7</sup> (1968)، گزارش کردند که با اضافه کردن روغن ذرت به آردها، زمان توسعه‌ی خمیر افزایش یافته، اما بر روی جذب آب اثری نداشته است (16). کابالرو و همکاران<sup>8</sup> (2007)، با اضافه نمودن آنزیم گلوتامیناز بر خمیر، مشاهده کردند که باعث افزایش چسبندگی و الاستیسته خمیر می‌شود (17). گورفان سعید و همکاران<sup>9</sup> (2009)، اثر اضافه نمودن سبوس برنج به خمیر را بررسی و گزارش نمودند که در دستگاه فارینوگراف جذب آب، زمان توسعه و پایداری خمیر کاهش ولی درجه‌ی نرمی خمیر

اینولین ترکیبی قندی (از نوع الیگوساکارید<sup>1</sup>) و غیر قابل هضم یا با قابلیت هضم اندک، در بیش از 30000 گیاه مختلف یافت می‌شود (1،2)، از جمله ریشه‌ی کاسنی که در کشورهای بلژیک، هلند و فرانسه کشت، تولید، فرآوری و صادر می‌گردد (1). دلیل اصلی استفاده از ریشه‌ی کاسنی به عنوان منبع اینولین، وجود گلوکز و فروکتوزهای بلند زنجیر می‌باشد (3). اینولین ترکیبی محلول در آب بوده و حلالیت آن وابسته به دما است چنان که حلالیت آن در دمای 10 درجه‌ی سانتی‌گراد 6٪، و در در دمای 90 درجه‌ی سانتی‌گراد 35٪ است (3،2،1). اینولین پس از رسیدن به محیط روده به عنوان منبع کربن یا انرژی به طور انتخابی سبب رشد و یا فعالیت پروبیوتیک‌ها<sup>2</sup> (باکتری‌های مفید روده‌ای حاوی لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم)، می‌شود (3،4،5). پری-بیوتیک‌ها، به عنوان افزودنی خوراکی با ارزش تغذیه‌ای بالا و همچنین به عنوان یک عامل افزایش فعالیت باکتری‌های مفید روده‌ای (بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیلوس) محسوب می‌شوند (3، 4 و 5). کاهش سطح کلسترول خون (6)، پیشگیری از یبوست و اسهال عفونی (3،6)، مقاومت در برابر عفونت‌هایی مثل سالمونلا (4)، افزایش جذب عناصر معدنی نظیر منگنز، منیزیم و کلسیم (7)، کاهش ریسک ابتلا به پوکی استخوان، جلوگیری از سرطان روده‌ی بزرگ<sup>3</sup> (8)، کاهش گلوکز خون، درمان عفونت‌های روده‌ای (5) و کاهش pH محیط روده که در نتیجه سبب کاهش باکتری‌های روده می‌گردد (4 و 5) از موارد ذکر شده در مورد خواص سلامت‌بخش پری بیوتیک‌ها می‌باشد. در سال‌های اخیر، فرمولاسیون مواد غذایی با ترکیبات فراسودمند به ویژه پری-بیوتیک‌ها مد نظر قرار دارد (6). در این میان، محصول ماکارونی به دلیل سهولت مصرف، ارزش تغذیه‌ای و ماندگاری بالای آن، موضوع اخیر دانشمندان و محققین قرار گرفته است (9 و 10). محققین بر این باورند که می‌توان در کنار اثرات مفید ماکارونی در تغذیه و تامین انرژی از خصوصیات ماکارونی‌های غنی شده با پری بیوتیک‌ها به ویژه اینولین در جهت افزایش سطح سلامتی بدن و نیز کاهش خطر ابتلا به امراض مختلف بهره گرفت (6 و 9). با توجه به دمای فرایند مورد استفاده در پروسه تولید ماکارونی که حدود 80 درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد، اینولین به عنوان یک

4 Wu et al.

5 Callejo et al.

6 Merritt &amp; Bailey

7 Tao &amp; Pomeranz

8 Caballero et al.

9 Ghufuran Saeed et al.

1 Oligosaccharides

2 Prebiotics

3 Colon

رخشنده با مقدار جذب آب 1/6٪ به ازای هر گرم و خاکستر 1/32٪ و اینولین حاصل از ریشه‌ی کاسنی شرکت کاسوکرای<sup>۴</sup> بلژیک با نام تجاری Fibruline Instant، با مشخصات شیمیایی و فیزیکی جدول شماره 1، تهیه و تا روز آزمایش در انبار مخصوص نگه داری مواد اولیه‌ی حساس شرکت، با دمای 15 درجه‌ی سانتی گراد نگه داری شدند. از دستگاه‌های فارینوگراف (Brabender Farinograph<sup>E</sup>) و اکستنسوگراف (Brabender Extensograph<sup>E</sup>)، ساخت کشور آلمان و دستگاه آلنوگراف شوپن (Alveograph, chopin)، ساخت کشور فرانسه برای اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر ماکارونی استفاده شد.

جدول 1- ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی ترکیب اینولین

ترکیبات موجود در اینولین	میزان ترکیبات
رطوبت	کم تر از 3/5 درصد
ماده‌ی خشک	96±1 درصد
خاکستر	حداکثر 0/3 درصد
کربوهیدرات	حداقل 99/7 درصد
الیاف رژیمی	حداقل 90 درصد
قندها (گلوکز، فروکتوز، ساکارز)	حداکثر 10 درصد
رنگ	سفید
طعم	کمی شیرین
pH	6
درجه‌ی پلیمریزاسیون	10
دانه‌بندی	کمتر از 500 میکرون
پایداری	پایدار به حرارت

## 2-2- روش‌ها

جهت تهیه‌ی خمیر ماکارونی پری بیوتیک از فرمولاسیون‌های 1، 2/5٪ و 5٪ اینولین مطابق جدول 2 استفاده گردید. برای اندازه‌گیری خصوصیات رئولوژیکی خمیر ماکارونی از دستگاه‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف مطابق با استاندارد بین المللی انجمن شیمی غلات آمریکا<sup>۵</sup> (AACC، 2000)، به ترتیب ترتیب با روش استاندارد شماره‌ی (21-54) و (10-54)، دستگاه آلنوگراف شوپن با روش استاندارد شماره‌ی (02-30-54) و آزمون‌های خاکستر و پروتئین به ترتیب با استانداردهای شماره‌ی

افزایش می‌یابد که علت آن را محدودیت جذب آب توسط فیبرهای سبوس برنج بیان کردند که در نتیجه باعث جذب آب کم تر و نرم شدن خمیر می‌گردد. فشار در آلنوگراف با افزایش سبوس برنج افزایش یافت، اما طول آلنوگراف به دلیل کاهش گلوتن و در نتیجه‌ی کاهش الایسته خمیر کاهش یافت (18). مپبا و همکاران<sup>۱</sup> (2007)، در بررسی اثر افزودن آرد بارهنگ مشاهده کردند که با افزایش آرد بارهنگ، ظرفیت جذب آب و روغن افزایش می‌یابد که علت را افزایش میزان کربوهیدرات و قندهای ترکیب آرد و کاهش محتوای گلوتن آرد دانستند. با افزایش بارهنگ به بیش از 5٪، فشار، طول و انرژی آلنوگراف کاهش یافت (19). هوروات و همکاران<sup>۲</sup> (2007)، با استفاده از بهبود دهنده‌ی ال-اسید اسکوربیک به آرد گندم نشان دادند که هیچ تاثیری بر روی جذب آب، زمان توسعه و پایداری خمیر در فارینوگراف نداشته اما باعث افزایش درجه‌ی نرمی خمیر و کاهش عدد کیفی فارینوگراف می‌شود. همچنین باعث افزایش انرژی، مقاومت به کشش پس از 5 دقیقه، حداکثر مقاومت به کشش و مقاومت نسبی گردید. آن‌ها نتیجه گرفتند که پارامترهای اکستنسوگراف برای پیش‌بینی ویژگی‌های آرد بسیار مناسب می‌باشد (20). آمار و همکاران (2009) در آزمایشی با افزودن آرد تارو<sup>۳</sup> به آرد گندم، خواص رئولوژیکی آرد را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که با افزایش مقدار آرد تارو، جذب آب، زمان توسعه و درجه‌ی نرمی خمیر افزایش یافته اما انرژی، مقاومت به کشش و مقاومت نسبی کاهش می‌یابد (21). ماجیرانگ و همکاران (2006) با بررسی آرد گندم‌های بهاره و زمستانه مشاهده کردند که در آردهای قوی، زمان توسعه‌ی خمیر، پایداری خمیر بیش تر از آردهای ضعیف است (22). هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر مقادیر مختلف اینولین بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر ماکارونی بود.

## 2- مواد و روش‌ها

### 2-1- مواد

آرد نول حاصل از گندم قرمز رقم N-80-19 استان اردبیل، با خاکستر حدود 0/650٪ و رطوبت 14/3٪، تهیه شده در کارخانه‌ی آرد زر کرج، گلوتن خشک تهیه شده از شرکت

<sup>1</sup> Mepba et al.

<sup>2</sup> Horvat et al.

<sup>3</sup> Taro

<sup>4</sup> Cosucra

<sup>5</sup> American Association of Cereal Chemistry (AACC)

کردن بارهنگ نیز در آزمایش های مپ با و همکاران باعث افزایش ظرفیت جذب آب گردیده بود که علت را افزایش میزان کربوهیدرات و قندهای ترکیب آرد بیان کردند (19). اگرچه افزایش جذب آب یک آرد از لحاظ تکنولوژیکی مناسب است اما این افزایش جذب آب سبب شل شدن خمیر و افت کیفیت پخت ماکارونی خواهد شد که به دلیل ظرفیت جذب آب بیش تر اینولین می باشد که مطابق با یافته های سایر پژوهشگران است (18، 19 و 21). اثر مقادیر مختلف اینولین بر زمان توسعه ی خمیر در فارینوگراف نشان داد که با افزایش مقدار اینولین، زمان توسعه ی خمیر کاهش می یابد. بیش ترین زمان توسعه (5 دقیقه) در نمونه ی شاهد مشاهده گردید که اختلاف معنی داری با نمونه ی 1٪ (4/7 دقیقه) نداشت اما با نمونه های 2/5٪ و 5٪ اختلاف معنی داری داشت. افزایش مقادیر 1٪، 2/5٪ و 5٪ اینولین به ترتیب باعث کاهش 6٪، 11٪ و 29٪ زمان توسعه ی خمیر نسبت به شاهد گردید (شکل 2). مپ با و همکاران (2007)، علت کاهش زمان توسعه ی خمیر را کاهش محتوای گلوتن دانستند (19).

بررسی اثر افزودن اینولین بر پایداری خمیر نشان می دهد که نمونه ی اینولین 1٪ (7/92 دقیقه) از سایر نمونه ها پایداری بیش تری داشت. اینولین 2/5٪ (6/9 دقیقه)، تاثیر مثبتی در خواص تغذیه ای خواهد داشت که این مقدار با نمونه ی شاهد، اختلاف معنی داری نشان نمی دهد اما پایداری نمونه ی 5٪ نسبت به شاهد 26٪ و نسبت به نمونه ی 2/5٪، 9٪ کم تر بود (شکل 3). درجه ی نرمی خمیر پس از 10 دقیقه نشان داد که با افزایش مقدار اینولین، میزان نرم شدن کاهش یافت به طوری که نمونه ی شاهد و نمونه ی 1٪، اختلاف معنی داری با همدیگر و سایر نمونه ها داشتند (شکل 4). افزودن مقادیر 1٪ و 2/5٪ اینولین باعث تغییرات ناچیزی در ساختار نشاسته ی خمیر ماکارونی می گردد در صورتی که افزودن مقادیر بالای آن سبب تغییرات زیادی در ساختار خمیر ماکارونی شده و باعث تضعیف باندهای پروتئین-نشاسته در خمیر می گردد (2 و 10). با بررسی اثر درصدهای مختلف اینولین بر میزان نرم شدن خمیر پس از 12 دقیقه در فارینوگراف مشخص گردید که نمونه ی شاهد اختلاف معنی داری با نمونه ی 1٪ نداشته ولی نسبت به نمونه های 2/5٪، 20٪ و نسبت به نمونه ی 5٪ 39٪ بیش تر بوده و اختلاف معنی داری دارد (شکل 5). در بررسی اثر درصدهای مختلف اینولین بر عدد کیفی فارینوگراف نیز مشاهده گردید که نمونه ی شاهد (138) اختلاف معنی داری با سایر نمونه-

(01-08) و (01-30-46)، انجام شد (23). این آزمایش ها در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام و تجزیه و تحلیل واریانس داده های حاصل با کمک نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه ی میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن (در سطح 1٪)، صورت گرفت (24).

جدول 2- فرمولاسیون تولید ماکارونی با درصدهای مختلف

اینولین				
فرمول (شاهد)	آرد	گلوتن خشک	اینولین	ترکیب کل
	9/95٪	1/4٪	-	100٪
1	9/94٪	1/4٪	1٪	100٪
2	4/93٪	1/4٪	5/1٪	100٪
3	9/90٪	1/4٪	5٪	100٪

### 3- نتایج و بحث

#### 3-1- تاثیر افزودن اینولین بر ویژگی های رئولوژیکی خمیر ماکارونی در دستگاه فارینوگراف

نتایج تجزیه ی واریانس صفات مورد بررسی حاصل از فارینوگرام در جدول شماره 3 آمده است. از نظر آماری کلیه ی پارامترها تفاوت معنی داری در سطح 1٪ نشان دادند. ویژگی های خمیر از قبیل میزان جذب آب، زمان گسترش، مقاومت، درجه ی نرم شدن خمیر پس از 10 و 12 دقیقه و نیز عدد کیفی فارینوگراف (FQN)<sup>1</sup>، به وسیله ی دستگاه فارینوگراف مشخص شد.

نتایج حاصل، نشان داد که با افزودن اینولین به آرد، میزان جذب آب افزایش یافت. بیشینه مقدار جذب آب در اثر اعمال تیمار 5٪ اینولین مشاهده شد که مقدار جذب آب در این تیمار 64/03٪ بود که نسبت به شاهد 7٪ افزایش دارد (شکل 1).

اگرچه افزایش جذب آب یک آرد از لحاظ تکنولوژیکی مناسب است اما این افزایش جذب آب سبب شل شدن خمیر و افت کیفیت پخت ماکارونی خواهد شد که به دلیل ظرفیت جذب آب بیش تر اینولین می باشد. بررسی ها حاکی از آن است که وجود گروه های هیدروکسیل در ساختار فیبر اینولین سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیش تر و در نتیجه ی تبادل بیش تر آب می گردد و به همین دلیل، جذب آب افزایش می یابد (2). اضافه

<sup>1</sup>- Farinograph Quality Number

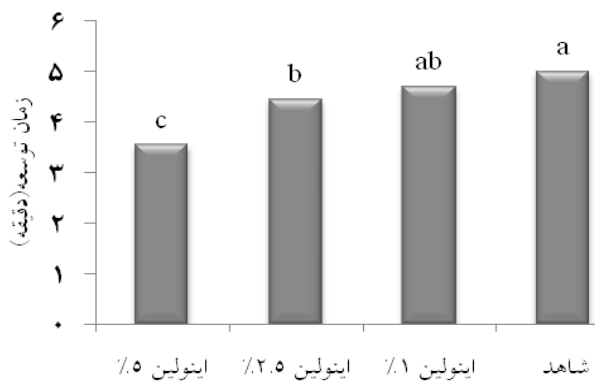
ها داشته و نسبت به نمونه‌ی 1٪ (22٪) و 5/2٪ (31٪) بیش تر می-  
باشد (شکل 6).

Archive of SID

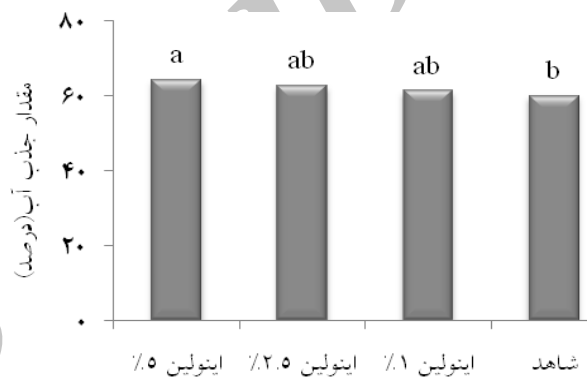
جدول 3- نتایج تجزیه واریانس اثرات اینولین بر ویژگی های خمیر ماکارونی در دستگاه فارینوگراف

میانگین مربعات ویژگی های خمیر ماکارونی							
منبع تغییرات	درجه آزادی	جذب آب	زمان رسیدن	پایداری خمیر	نرم شدن پس از 10 دقیقه	نرم شدن پس از 12 دقیقه	عدد کیفی فارینوگراف
تکرار	3	11/9	0/21	0/51	5/04	41/3	40/5
تیمار	3	12/9**	1/56**	4/15**	238/4**	549/4**	3504/4**
خطای آزمایشی	9	3/1	0/08	0/23	12/62	35/7	78/6
ضریب تغییرات		٪2/84	٪4/46	٪6/81	٪9/92	٪10/36	٪8/72

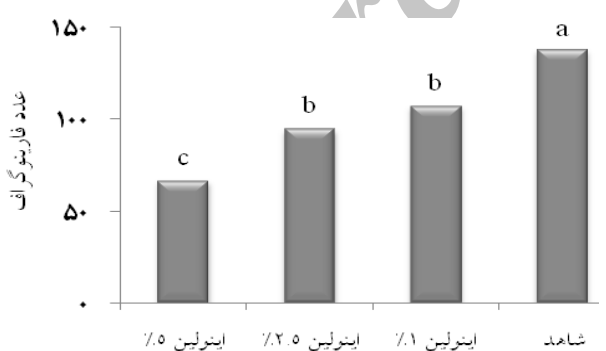
\*\* معنی دار در سطح ٪1



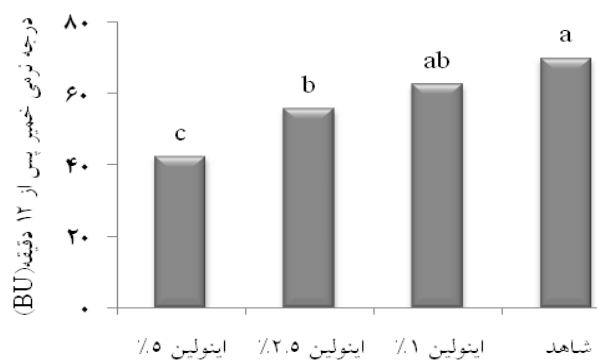
شکل 2. اثر درصدهای مختلف اینولین بر زمان توسعه خمیر در فارینوگراف



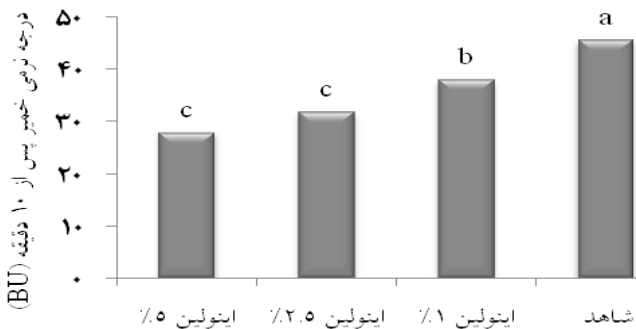
شکل 1. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقدار جذب آب در فارینوگراف



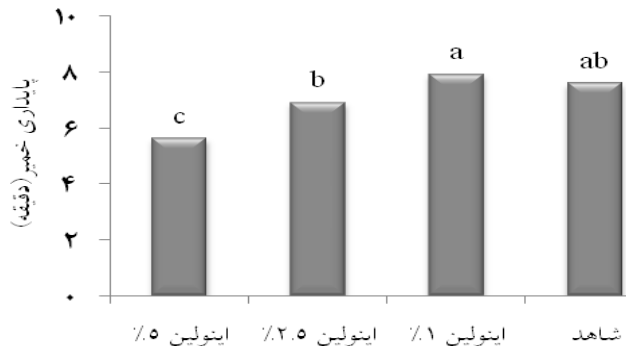
شکل 6. اثر درصدهای مختلف اینولین بر عدد فارینوگراف



شکل 5. اثر درصدهای مختلف اینولین بر درجه نرمی خمیر پس از 12 دقیقه در فارینوگراف



شکل ۴. اثر درصدهای مختلف اینولین بر درجه نرمی خمیر پس از ۱۰ دقیقه در فارینوگراف



شکل ۳. اثر درصدهای مختلف اینولین بر پایداری خمیر در فارینوگراف

نسبت به نمونه‌ی شاهد)، در پایین‌ترین سطح تیمارها در این صفت قرار گرفت (شکل ۸). مطابق با مشاهدات آمار و همکاران (2009) با افزودن آرد تارو به آرد گندم، مقاومت به کشش و انرژی خمیر کاهش یافت. علت کاهش انرژی خمیر را افزایش مقدار جذب آب و در نتیجه افزایش گرانشی خمیر و کاهش مقدار محتوای گلوتن خمیر ترکیبی تولید شده دانستند که باعث محدودیت در اضافه نمودن آرد تارو می‌گردد (21).

افزودن اینولین بر ویژگی قابلیت کشش در نتایج، نشان داد که نمونه‌ی شاهد اختلاف معنی‌داری با نمونه‌ی اینولین ۱٪ و ۲/۵٪ نداشته و اما بین نمونه‌های ۱٪ و ۲/۵٪ و ۵٪ اختلاف معنی‌داری دیده می‌شود (شکل ۹). در بررسی افزودن مقادیر مختلف اینولین بر حداکثر مقاومت به کشش مشاهده گردید که نمونه‌ی شاهد به نسبت ۱٪، ۲/۵٪ و ۵٪ دارای ۷٪، ۱۳٪ و ۱۸٪ مقاومت بیش‌تر می‌باشد (شکل ۱۰).

با افزایش مقدار اینولین، ضریب مقاومت نسبی کاهش یافت. بیش‌ترین مقاومت نسبی در نمونه‌ی شاهد و کم‌ترین مقاومت نسبی در تیمار ۵٪ (۲۱٪ کاهش نسبت به شاهد) مشاهده گردید. بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی ۱٪ اینولین ارتباط معنی‌داری دیده نشد (شکل ۱۱). گرچه تاثیر افزودن اینولین در مقادیر ۱٪ تیمار مناسبی می‌باشد اما چون این تیمار با تیمار ۲/۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارد می‌توان تیمار ۲/۵٪ را نیز به عنوان تیمار موثر در نظر گرفت. با افزایش مقدار اینولین، مقدار مقاومت نسبی حداکثر در کلیه تیمارها نسبت به شاهد کاهش یافت. بین مقادیر افزوده شده اینولین بر این خصوصیت اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۱۲).

نتایج فارینوگراف نشان داد که با افزایش مقدار اینولین در خمیر ماکارونی، مقاومت یا ثبات خمیر، زمان توسعه‌ی خمیر و عدد کیفی خمیر ماکارونی کاهش یافت که علت آن تاثیر آب جذب شده توسط خمیر حاصله و کاهش قدرت پیوستگی شبکه‌ی گلونتی موجود در میر می‌باشد (13، 16، 18، 19، 20 و 21). در ارتباط با ویژگی‌های خمیر ماکارونی در دستگاه فارینوگراف بین سه نمونه‌ی ۱٪، ۲/۵٪ و ۵٪، از لحاظ کیفیت فارینوگرافی، نمونه‌ی ۵٪ به دلیل مشکلات نرم شدن خمیر و همچنین کاهش مقاومت خمیر در برابر مخلوط کردن مناسب نبود.

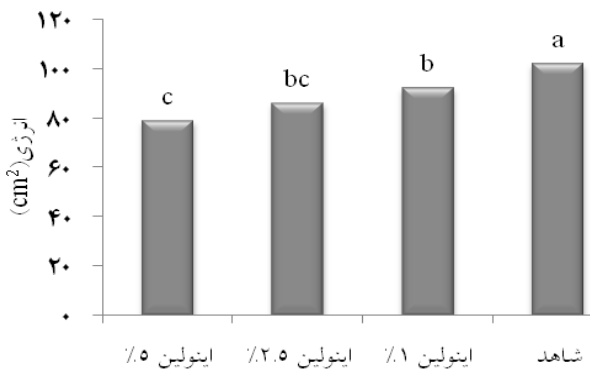
### 3-2- تاثیر افزودن اینولین بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر ماکارونی در دستگاه اکستنسوگراف

جدول تجزیه‌ی واریانس اثر درصدهای مختلف تیمار اینولین در جدول 4، آمده است. نتایج، نشان می‌دهد که مقادیر مختلف اینولین بر کلیه صفات اکستنسوگراف شامل انرژی، مقاومت به کشش بعد از 5 دقیقه، قابلیت کشش، حداکثر مقاومت به کشش، ضریب مقاومت نسبی و مقاومت نسبی حداکثر اثر معنی‌داری داشته است. شاخص مقاومت به کشش پس از 5 دقیقه در اکستنسوگراف نشان می‌دهد که نمونه‌ی شاهد هیچ اختلاف معنی‌داری با نمونه‌ی ۱٪ اینولین نداشته اما با تیمارهای ۲/۵٪ و ۵٪ اختلاف معنی‌داری دارد. افزودن اینولین به ترتیب باعث کاهش ۵/۹٪، ۱۶٪ و ۳۰٪ در مقادیر ۱٪، ۲/۵٪ و ۵٪ اینولین گردید (شکل 7). افزایش مقدار اینولین باعث کاهش مقدار انرژی خمیر در آزمون اکستنسوگراف گردید. نمونه‌ی شاهد دارای بیش‌ترین مقدار انرژی بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. تیمار ۵٪ اینولین با کم‌ترین مقدار انرژی (۲۳٪ کم‌تر

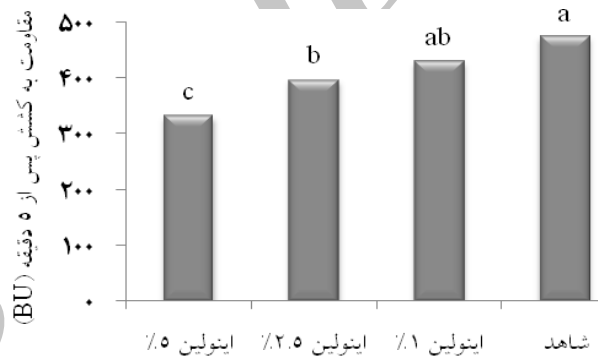
جدول 4- نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرات اینولین بر ویژگی های خمیر ماکارونی در دستگاه اکستنسوگراف

میانگین مربعات ویژگی های خمیر ماکارونی							
منبع تغییرات	درجه‌ی آزادی	انرژی	مقاومت به کشش	کشش پذیری	حداکثر مقاومت به کشش	مقاومت نسبی استاندارد	حداکثر مقاومت نسبی
تکرار	3	46/7	190	110	1801	0/022	0/002
تیمار	3	386/9**	14390**	324**	7160**	0/311**	0/095**
خطای آزمایشی	9	36/9	1251	21	800	0/058	0/022
ضریب تغییرات		٪6/8	٪8/7	٪3/3	٪5/64	٪8/23	٪4/2

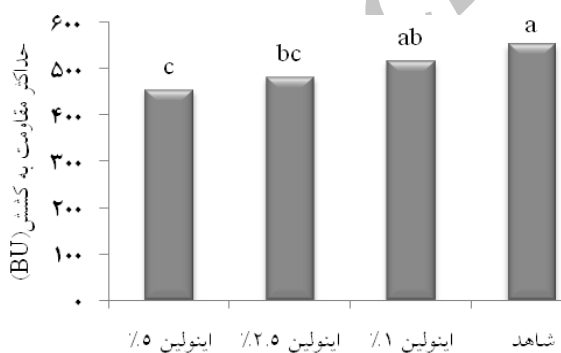
\*\* معنی دار در سطح آماری 1٪



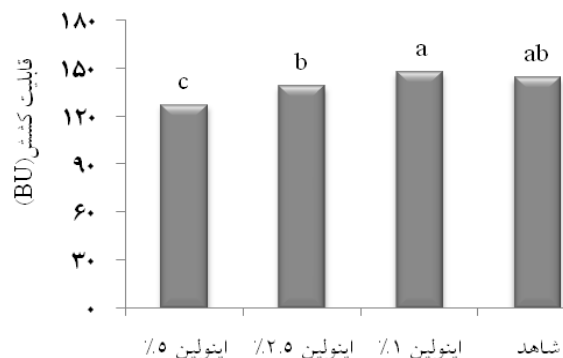
شکل 8. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقدار انرژی در اکستنسوگراف



شکل 7. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقاومت به کشش پس از 5 دقیقه در اکستنسوگراف

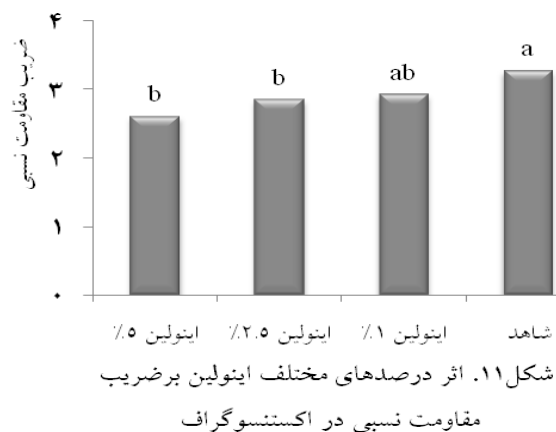
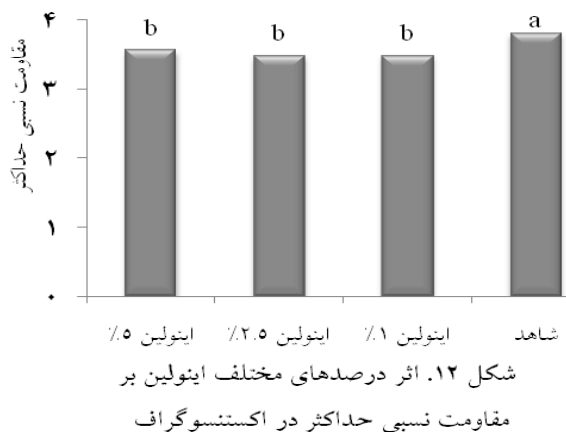


شکل 10. اثر درصدهای مختلف اینولین بر حداکثر مقاومت به کشش در اکستنسوگراف



شکل 9. اثر درصدهای مختلف اینولین بر قابلیت کشش در اکستنسوگراف





بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که مقدار ۱٪ اینولین تیمار مناسبی جهت حصول فشار مناسب در دستگاه آلئوگراف می‌باشد. کالوجو و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند که اضافه نمودن آرد چاودار به آرد گندم باعث کاهش فشار در آلئوگراف می‌گردد که علت را کاهش محتوای گلوتهی آرد ترکیبی و کاهش الایسته خمیر دانستند (۱۴). با افزایش مقدار اینولین، طول آلئوگراف افزایش یافت (شکل ۱۴). بین تیمار شاهد و تیمار ۱٪ اینولین از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. بین تیمار ۲/۵٪ و ۵٪ اینولین نیز اختلاف

معنی‌داری دیده نشده، بنابراین، در این ویژگی آلئوگراف نیز نمونه‌ی ۱٪ اینولین به عنوان تیمار برتر انتخاب می‌گردد. مپ‌با و همکاران (۲۰۰۷)، علت کاهش فشار، طول و انرژی آلئوگراف را افزایش مقدار کربوهیدرات و قندها بیان کردند. گورفان سعید و همکاران (۲۰۰۹) نیز با مشاهده کاهش طول آلئوگراف، کاهش گلوتهن و در نتیجه الاستیسیته خمیر را عامل آن دانست (۱۸).

بررسی افزودن مقادیر مختلف اینولین بر شاخص بادکردگی، نتایج نشان داد که نمونه‌ی شاهد اختلاف معنی‌دار با نمونه‌ی ۲/۵٪ و ۵٪ داشته (به ترتیب ۲۴ و ۳۸٪ کم‌تر) اما با نمونه‌ی ۱٪ اختلاف آماری ندارد و این، نشان‌دهنده‌ی این است که هر چه اندیس بادکردگی کم‌تر باشد، مناسب‌تر است (شکل ۱۵). بنابراین، نمونه‌ی ۱٪ اینولین، به عنوان تیمار برتر انتخاب می‌گردد. در دستگاه آلئوگراف با توجه به این که هر چه خمیر اندیس

در ارتباط با نتایج به دست آمده از دستگاه اکستنسوگراف، قدرت کشش و سایر ویژگی‌های خمیر، با افزایش مقدار اینولین کاهش یافت (۱۳، ۲۰ و ۲۱). بنابراین، بین سه تیمار اعمال شده تیمار ۲/۵٪ بیش‌ترین قابلیت را به خود اختصاص داده و از نظر این ویژگی‌ها مطلوب‌تر از سایر تیمارها بود. نمونه‌ی اینولین ۵٪ نسبت به نمونه‌های ۱٪ و ۲/۵٪، به دلیل اثر منفی که بر روی بافت محصول نهایی ایجاد می‌کند، تیمار مناسبی نمی‌باشد.

### 3-3- تاثیر افزودن اینولین بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر ماکارونی در آلئوگراف

نتایج تجزیه‌ی واریانس حاصل از صفات آلئوگراف شامل فشار<sup>۱</sup> (P)، طول<sup>۲</sup> (L)، اندیس بادکردگی<sup>۳</sup> (G)، انرژی<sup>۴</sup> (W)، فشار/طول<sup>۵</sup> (P/L) و اندیس کشش‌پذیری<sup>۶</sup> (I<sub>e</sub>) در جدول ۵ آمده است. نتایج، نشان می‌دهد که تیمار اینولین بر کلیه‌ی صفات مورد مطالعه، اثر معنی‌دار داشته است.

با افزایش مقدار اینولین، مقدار فشار خمیر کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار فشار در نمونه‌ی شاهد و کم‌ترین مقدار فشار در تیمار ۵٪ مشاهده گردید که نسبت به شاهد ۳۸٪ کاهش داشت. نمونه‌ی ۱٪ اینولین با نمونه‌ی شاهد، اختلاف معنی‌دار نشان نداد. اما مقادیر ۲/۵٪ و ۵٪ اینولین با کلیه‌ی تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۱۳).

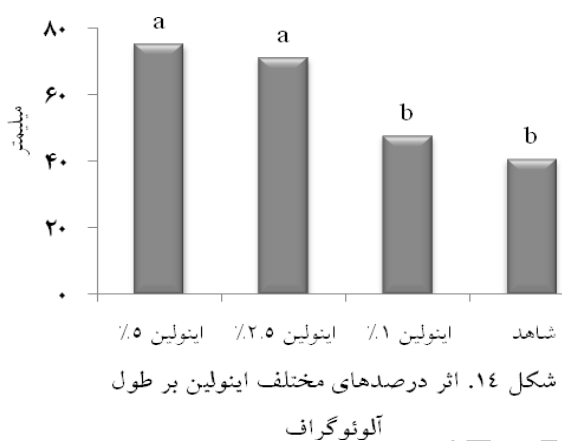
1 Tenacity  
2 Extensibility  
3 Swelling Index  
4 Deformation Energy  
5 Configuration Ratio  
6 Elasticity Index

بادکردگی بالاتری داشته باشد زودتر دچار ترکیدگی خواهد شد همبستگی وجود داد. (13)، بنابراین، بین افزایش مقدار اینولین و افزایش میزان ترکیدگی

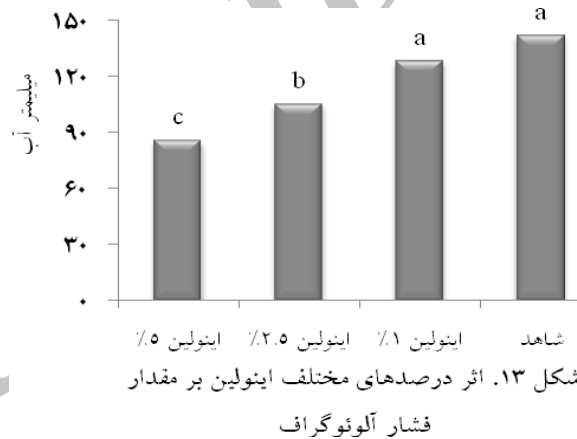
جدول 5- نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرات اینولین بر ویژگی های رئولوژیکی خمیر ماکارونی در دستگاه آلوئوگراف

میانگین مربعات ویژگی های خمیر ماکارونی						درجه آزادی	منبع تغییرات
Ie	P/L	W	G	L	P		
22/9	0/09	465/8	6/4	25/7	30/9	3	تکرار
89**	4/8**	312/8**	23/7**	1164/7**	2466**	3	تیمار
8/3	0/15	92/9	4/2	20/2	112/2	9	خطای آزمایشی
٪6/1	٪17/5	٪4/4	٪12/2	٪7/6	٪9/2		ضریب تغییرات

\*\* معنی دار در سطح آماری 1٪



شکل 14. اثر درصد‌های مختلف اینولین بر طول آلوئوگراف



شکل 13. فشار آلوئوگراف اثر درصد‌های مختلف اینولین بر مقدار

افزایش اینولین در مقدار 1٪ اندیس کشش پذیری کاهش 11 درصدی نسبت به شاهد نشان داد. اما افزودن 2/5٪ اینولین باعث افزایش 13 درصدی اندیس کشش پذیری شد که این افزایش نسبت به نمونه‌ی شاهد نیز بسیار معنی دار بود (شکل 18).

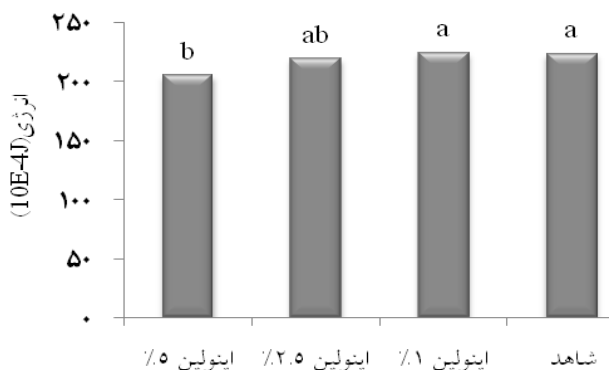
**3-4- تاثیر افزودن اینولین بر ماده‌ی خشک خمیر ماکارونی** نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌های حاصل از افزودن اینولین (جدول 6)، نشان می‌دهد که این تیمار بر روی مقدار پروتئین و خاکستر موجود، تاثیر معنی داری نداشته است. در مجموع چنین بر می‌آید که گرچه اینولین بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر ماکارونی اثر گذار می‌باشد اما بر خصوصیات ماده‌ی خشک ماکارونی تاثیری نشان نداده است. با افزایش مقادیر اینولین از شاهد تا 5٪ تنها 8٪ پروتئین کاهش یافته اما این کاهش معنی دار نبوده است (شکل 19). تاثیر اینولین بر مقدار خاکستر موجود، نشان داد که افزایش

لذا افزودن مقادیر بالای 2/5٪ سبب افزایش بادکردگی شده و مقادیر بالاتر از نظر خواص فیزیکی مطلوب نمی‌باشد. افزودن مقادیر مختلف اینولین بر انرژی آلوئوگراف، تاثیرات مختلفی از خود نشان داد به طوری که نمونه‌ی 1٪ اینولین نسبت به شاهد انرژی (0/05٪) بیش تری داشت اما این اختلاف، بسیار ناچیز و غیر معنی دار بود. تنها نمونه‌ی 5٪ اختلاف معنی دار با نمونه‌ی شاهد و 1٪ اینولین (8٪ کم تر) از خود نشان داد (شکل 16). بنابراین، چنین بر می‌آید که نمونه‌ی 2/5٪ اینولین از نظر مقدار انرژی، مناسب تر می‌باشد. افزودن اینولین باعث کاهش شاخص فشار/طول گردید و این کاهش، بسیار معنی دار بود به طوری که بیش ترین مقدار این شاخص در نمونه‌ی شاهد (3/52) مشاهده شد که نسبت به نمونه‌ی 1٪ اینولین 30٪ بیش تر بود. تنها نمونه‌های 2/5٪ و 5٪ از نظر آماری اختلافی نداشتند (شکل 17). اثرات متفاوتی در رابطه با افزودن اینولین بر شاخص کشش پذیری مشاهده شد. ابتدا با

مقادیر مختلف اینولین، تأثیر معنی داری بر خاکستر خمیر نداشته است (شکل 20). افزودن مقادیر بالاتر از 10 درصد اینولین سبب کاهش معنی دار در مقدار پروتئین ماکارونی می گردد (9) اما

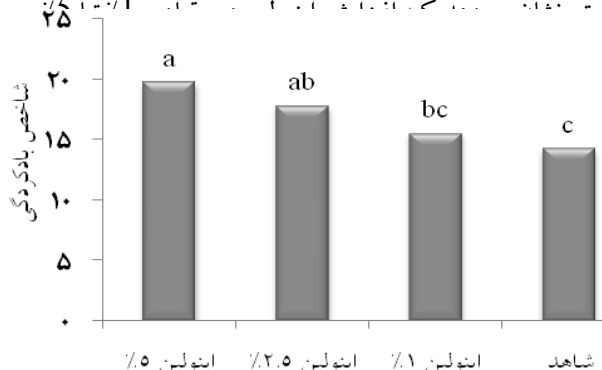
تحقیقات قبلی (10) نشان داده اند که افزودن اینولین به خمیر ماکارونی

تأثیر



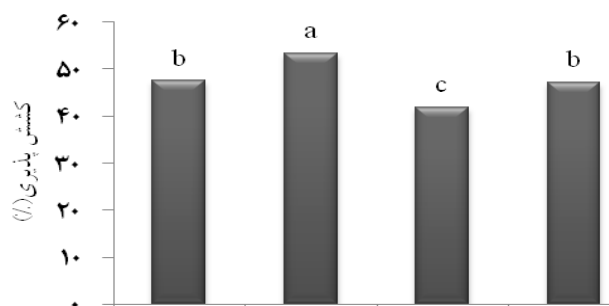
شکل 16. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقدار

انرژی در آلونوگراف



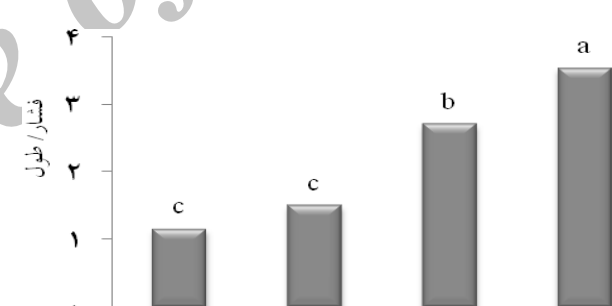
شکل 15. اثر درصدهای مختلف اینولین بر

شاخص بادکردگی در آلونوگراف



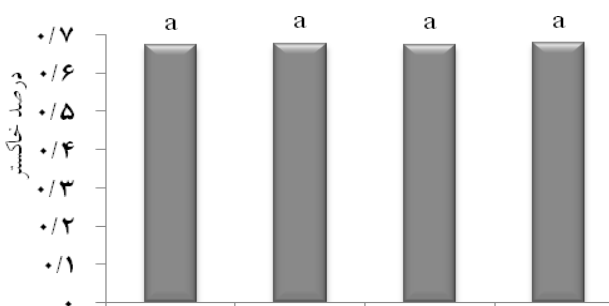
شکل 18. اثر درصدهای مختلف اینولین بر میزان

کشش پذیری در آلونوگراف



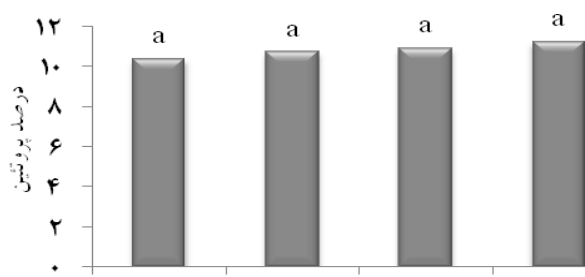
شکل 17. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقدار

فشار/طول در آلونوگراف



شکل 20. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقدار

خاکستر ماکارونی



شکل 19. اثر درصدهای مختلف اینولین بر مقدار

پروتئین ماکارونی

جدول 6- نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرات اینولین بر ماده‌ی خشک ماکارونی

میانگین مربعات ویژگی‌های خمیر ماکارونی			
منبع تغییرات	درجه‌ی آزادی	پروتین	خاکستر
تکرار	3	0/141	0/007
تیمار	3	0/502 <sup>ns</sup>	0/003 <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	9	0/284	0/0002
ضریب تغییرات		4/94	5/94

<sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار از لحاظ آماری

#### 4- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، سعی شد با توجه به بهینه‌سازی فرآیند تولید از فرمولاسیونی استفاده شود که جنبه‌ی کیفی محصول را حفظ نماید، بنابراین نتایج آماری به دست آمده، برتری نسبی تیمار 2/5٪ نسبت به سایر تیمارها بیش تر مشهود بوده است. بنابراین، توصیه می‌گردد در فرمولاسیون تولیدی از مقدار اینولین 2/5٪ استفاده گردد.

#### 5- سپاس‌گزاری

نویسندگان از گروه صنعتی و پژوهشی زر به خاطر مهیا کردن وسایل و امکانات آزمایشگاهی و حمایت مالی از این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

#### 6- منابع

- Bifidobacterium Bifidum BB- 02 in Acidophilus- Bifidus yogurt. *Food science and Technology International*, 11-19.
- Oliveira, P. S., Florence, G. R., Silva, C., Perego, P., Converti, A. and Oliveira, N. 2009. Effects of different prebiotics on the fermentation kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic. Fermented milk. *International Journal of food Microbiology*, 128: 467-472.
- Probert, M., Apajaihti, H. A., Rautonen, N., Stowelland, j. and Gibson, R. 2004. Polydextrose, Lactitol and Fructo-oligo saccharide Fermentation by colonic bacteria in a three-stage continuous culture system. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 4505-4511.
- Schrezenmeir, J. and Derese, M. 2001. Probiotics, Prebiotics and synbiotics-approaching a definition. *American Society for Clinical Nutrition*, 73: 361-364.
- Coudray, C., Bellanger, J., Castiglia-Delavaud, C., Révész, C., Vermorel, M. and Rayssiguier, Y. 1997. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *European Journal Clinical. Nutrition*, 51,(6): 375-380.
- Kim, Y., Faqih, M. N. and Wang, S. S. 2001. Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrate Polymers*, 46, No. 2, 135-145.
- Silva, R. F. 1996. Use of inulin as a natural texture modifier. *Cereal Foods World*, 41, No. 10, 792-795.
- Ozer, D., Akin, S. and Ozer, B. 2005. Effects of inulin and lactulose on survival of Lactobacillus Acido philus LA-5 and

- Composition, Functional And Baking Properties Of Wheat-Plantain Composite Flours. *African Journal of Food Agriculture Nutrition Development*, 7(1).
20. Horvat, D., Magdić, D., Drezner, G., Šimić, G., Dvojković, K., Brođanac, M. and Lukinac, J. 2007. The effect of improver on dough rheology and bread properties. *6th Croatian Congress of Cereal Technologists*.
  21. Ammar, M. S., Hegazy, A. E. and Bedeir, S.H. 2009. Using of taro flour as partial substitute of wheat flour in bread making. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4 (2): 94-99.
  22. Maghirang, E. B., Lookhart, G. L., Bean, S. R., Pierce, R. O., Xie, F., Caley, M. S. and *et al.* 2006. Comparison of quality characteristics and breadmaking functionality of hard red winter and hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*, 83(5):520-528.
  23. AACC. American association of cereal chemists approved methods. 2000. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, *American Association of Cereal Chemists, Inc:2000*.
  24. Der, G. and Everitt, B. S. 2002. *A handbook of statistical analyses using SAS*, second edition. Chapman &Hall/CRC.
  8. Gibson, G. R., Probert, H. M., Van Loo, J., Rastall, R. A. and Roberfroid, M. 2004. "Dietary modulation of the colonic microbiota: updating the concept of prebiotics." *Nutrition Research Reviews*, 17 pp. 259-275.
  9. Fuad, T. and Prabhasankar, P. 2010. Role of ingredients in pasta product quality: A Review on recent Development. *Critical Reviews in food science and nutrition*, 50(8): 787-798.
  10. Chimrov. J. I., Braudo, E. E. and Tolstoguzov, V. B. 1981. The manufacture and application of pasta as a food and as a food ingredient: A review. *Die Nahrung*, 25:719-729.
  11. Shuey, W. C. 1975. Practical instruments for rheological measurements on wheat products. *Cereal Chemistry*. 52: 42-81.
  12. Alami, M., Leelavathi, K. and Prasada, R. 2007. Spaghetti making potential of indian durum wheat species in relation to their protein, yellow pigment and enzyme content. *Food Chemistry*, 100:1243-1248.
  13. Wu, K. L., Sung, W. C. and Yang, C. H. 2009. Characteristics of dough and bread as affected by the incorporation of sweet potato paste in the formulation. *Journal of Marine Science and technology*, 17(1): 13-22.
  14. Callejo, M. J., Bujeda, C., Rodríguez, G. and Chaya, C. 2009. Alveoconsistograph evaluation of rheological properties of rye doughs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(3): 638-644.
  15. Merritt, P. O. and Bailey, C. H. 1945. Preliminary studies whit the Extensigraph. *Cereal Chemistry*, 22:372.
  16. Tao, R. P. C., and Pomeranz, Y. 1968. Functional breadmaking properties of wheat flour lipids. III. Effects of lipids on rheological properties of wheat flour doughs. *Food Technology, Chicago*. 22(9): 1145.
  17. Caballero, P. A., Gómez, M. and Rosell, C. M. 2007. Bread quality and dough rheology of enzyme supplemented Wheat flour. *European Food Research and Technology*, 525-534.
  18. Ghufuran Saeed, SM., Saqib. A., Mubarak, A., Rashida, A. and Fred, S. 2009. Influence of rice bran on rheological properties of dough and in the new product development. *Journal of Food Science and Technology*, 46(1): 62-65.
  19. Mepba Horsfall, D., Lucy, E. and Nwaojigwa, S. U. 2007. Chemical